

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Hoitotyön koulutusohjelma

Lassi Mehtonen  
Petteri Palviainen

DEKOMPRESSIOTAUDIN JA SUKELLUSONNETTOMUUKSIEN  
ENSIHOITO – OPAS PELASTUSLAITOKSELLE

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2014



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2014**  
**Hoitotyön koulutusohjelma**

Tikkarinne 9  
80220 JOENSU  
p. 050 405 4816

**Tekijät**  
Lassi Mehtonen, Petteri Palviainen

**Nimeke**  
Dekompressiotaudin ja sukellusonnettomuuksien ensihoito – Opas pelastuslaitokselle

**Toimeksiantaja**  
Pohjois-Karjalan pelastuslaitos

**Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön aiheena on dekompressiotaudin ja sukellusonnettomuuksien ensihoito. Dekompressiotauti on toiselta nimeltään sukeltajantauti. Kyseessä on sairaus, joka aiheutuu sukeltajaa ympäröivän paineen nopeasta vähentymisestä, esimerkiksi silloin, kun sukeltaja nousee syvyydestä pintaan. Seurauksena on kaasujen, lähinnä typen, kupliminen veressä sekä kudoksissa, mistä aiheutuvat muun muassa hengenvaaralliset hermosto-oireet. Sukellusonnettomuudesta puhutaan usein silloin, kun laitesukeltajalle tapahtuu veden alla jotain yllättävää.

Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena, ja tehtävänä oli tuottaa ensihoito-opas Pohjois-Karjalan pelastuslaitokselle. Oppaan tavoitteena on palvella sekä pelastus- että hoitoalalla työskenteleviä. Sen kohdejoukko käsittää myös työkseen laitesukelluksen kanssa tekemisissä olevia. Oppaassa käsitellään ytimekkäästi dekompressiotautia, sen oireiden tunnistamista ja ensihoitoa. Hoidon osalta myös muut sukellusonnettomuudet ovat mukana. Jatkokehitysmahdollisuutena muille opinnäytetöille voisi olla esimerkiksi ylipainehappihoidon toteutukseen keskittyvä opas.

**Kieli**  
suomi

Sivuja 44  
Liitteet 3  
Liitesivumäärä 4

**Asiasanat**  
sukeltajantauti, dekompressiotauti, sukellussairaus, sukellusonnettomuus, ylipainehappihoito



**THESIS**  
**May 2014**  
**Degree Programme in Nursing**

Tikkarinne 9  
80220 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. +358 50 405 4816

**Authors**

Lassi Mehtonen, Petteri Palviainen

**Title**

Emergency Care of Decompression Sickness and Diving Accidents – A Guide for Fire and Rescue Services

**Commissioned by**

North Karelia Fire and Rescue Services

**Abstract**

The subject of the present thesis is emergency care of decompression sickness and diving accidents. Decompression sickness, also known as diver's disease, is an illness that is caused by the rapid decrease of ambient pressure of a diver, e.g. in the situations where a diver surfaces from deep water. As a result, the gases, primarily nitrogen, start to form intravascular and extravascular bubbles that may cause, for example, life-threatening nervous system symptoms. Diving accidents refer to the situations where a scuba diver encounters something unexpected while diving.

This work was carried out as a practice-based thesis and its task was to produce an emergency care guide for North Karelia Fire and Rescue Services. The purpose of the guide is to help both health care and rescue workers. The target group of the guide also includes persons who deal with scuba diving. The guide concisely presents decompression sickness, recognition of its symptoms and its emergency care. With regard to emergency care, other diving accidents are included as well. Further development opportunities for other theses could include e.g. a guide focusing on hyperbaric oxygen therapy.

**Language**

Finnish

**Pages 44**

Appendices 3

Pages of Appendices 4

**Keywords**

decompression sickness, decompression illness, diving accident, hyperbaric oxygen therapy

# Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	5
2	Hengityselimistön anatomiaa ja fysiologiaa.....	6
2.1	Hengityselimistö.....	6
2.2	Ylähengitystiet.....	6
2.3	Alahengitystiet.....	7
2.4	Keuhkot, keuhkopussi ja keuhkorakkulat .....	8
2.5	Hengityselimistön fysiologiaa .....	10
2.6	Keuhkotuuletus.....	10
2.7	Kaasujen vaihto .....	11
2.8	Kaasujen kuljetus veressä.....	11
2.9	Elimistön muutokset sukelluksen aikana .....	12
2.10	Elimistön muutokset sukelluksen aikana .....	13
2.11	Kaasujen lait .....	15
3	Laitesukellus.....	16
4	Dekompressiotauti.....	17
4.1	Taudin kuvailua .....	17
4.2	Patofysiologiaa .....	18
4.3	Oireet .....	20
5	Dekompressiotaudin hoito.....	22
5.1	Potilaan tutkiminen.....	22
5.2	Ensihoito.....	23
5.3	Ylipainehappihoito .....	25
5.4	Sairausten ennuste .....	26
6	Sukellusonnettomuudet .....	27
6.1	Valtimokaasuembolisaatio .....	27
6.2	Hukkuminen .....	29
6.3	Muita sukellusonnettomuuksia.....	30
7	Opinnäytetyön tarkoitus ja tehtävä.....	32
8	Opinnäytetyön toteutus.....	32
8.1	Toiminnallinen opinnäytetyö .....	32
8.2	Alkukartoitus ja toimintaympäristö .....	34
8.3	Toiminnan eteneminen ja työskentelyn kuvaus .....	34
9	Dekompressiotaudin ja sukellusonnettomuuksien oppaan esittelyä .....	37
9.1	Oppaan laatiminen.....	37
9.2	Oppaan toteutus .....	38
10	Pohdinta.....	39
10.1	Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys .....	39
10.2	Opinnäytetyön hyödynnettävyys ja jatkokehitysideoita.....	41
	Lähteet.....	43

## Liitteet

Liite 1	Kuvio elimistön kaasujen vaihdunnasta keuhkoissa ja kudoksissa
Liite 2	Opas pelastuslaitokselle
Liite 3	Toimeksiantosopimus

## 1 Johdanto

Maailmalla dekompressiotautia, toiselta nimeltään sukeltajantautia, esiintyy harrastus-sukeltajilla 3–4 tapausta 10 000:ta sukellusta kohden (Jama 2013, 598). Yhdysvalloissa noin 1 000 sukeltajaa saa taudin oireita vuoden aikana (Thalmann 2004). Suomessa on puolestaan 20–30 tautitapausta vuosittain (Jama 2013, 598). Viimeisen viidenkymmenen vuoden aikana Suomessa on menehtynyt vain yksi henkilö dekompressiotaudin seurauksena (Sipinen 2010, 441). Sukellusonnettomuuksiin menehtyneitä on vuoden sisällännollasta viiteen. Ehdottomasti synkin vuosi oli 1993, jolloin peräti kaksitoista laitesukeltajaa ja yksi vapaasukeltaja sai surmansa. (Jama 2013, 598.) Dekompressiotauti on sairaus, joka aiheutuu sukeltajaa ympäröivän paineen nopeasta vähentymisestä, esimerkiksi silloin, kun sukeltaja nousee syvyydestä pintaan. Seurauksena on kaasujen, lähinnä typen, kupliminen veressä sekä kudoksissa. Tämä aiheuttaa muun muassa hengenvaaralliset hermosto-oireet. (Nienstedt, Kellosalo, Pirttimaa, Kivelä, Haarala, Jansson, Kontula, Maamies, Saano, Sariola, Lyly & Wahlberg 2007, 683.)

Dekompressiotauti on vain yksi osa sukellusonnettomuuksien suurta kirjoa (Jama 2013, 599). Työmme aihe on rajattu koskettamaan pääasiassa dekompressiotautia, joskaan asiaan läheisesti liittyviä muita sukellusonnettomuuksia ei ole jätetty täysin huomiotta, sillä onhan niissä paikka paikoin paljon yhteneväisyyttä keskenään. Läheisin sairaus on nimeltään valtimokaasuembolisaatio, jota on käsitelty muita sukellusonnettomuuksia laajemmin. Lisäksi yleisin sukeltajan kuolemaan johtava syy, hukkuminen, on saanut oman alalukunsa. Dekompressiotautia tavataan sukeltajien lisäksi esimerkiksi lentäjillä, astronauteilla ja kaivostyöntekijöillä (Jama 2013, 599). Tässä opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan sukellusten yhteydessä ilmenevään tautiin, vaikka mekanismi taudin kehittämisessä on identtinen. Ensisijaisesti käytetään termiä dekompressiotauti (DCS) termin sukeltajantauti sijasta, ellei päinvastainen ole asiayhteyden perusteella luontevaa tai välttämätöntä.

Opinnäytetyössä käsitellään dekompressiotautia, kuvataan sitä ilmiönä, tarkastellaan sen oireita ja hoitoa. Hoidossa keskitytään pääasiassa sairaalan ulkopuoliseen ensihoitoon.

Suureksi osaksi ulkopuolelle rajataan ylipainehappihoito (HBOT), joka on oma laaja lääketieteen erikoisalueensa. Sitä käsitellään ainoastaan yleisellä tasolla ja melko lyhyesti. Taustana käydään kattavasti läpi hengityselimistön anatomiaa ja fysiologiaa unohtamatta aiheen kannalta oleellisia perustietoja kaasujen laeista. Niiden esittely on tärkeää, sillä ilman niitä dekompressiotautia ei voi tyydyttävästi ymmärtää. Toisaalta työssä on pyritty välttämään liian tarkkoja ja vaikeasti hahmotettavia taudin mekanismien kuvauksia, joten esimerkiksi eri kuplanmuodostusteoriat ja kudoksille ominaiset kaasujen liukenemiseen ja poistumiseen liittyvät puoliintumisajat on rajattu ulkopuolelle. Tällä on toivottavasti onnistuttu välttämään työn liiallista teknisyyttä ja fokuksen siirtymistä kauemmas hoidosta ja hoitotyöstä. Toiminnallisena osuutena on opas dekompressiotaudista ja sukellusonnettomuuksista, etenkin niiden ensihoidon periaatteista, Pohjois-Karjalan pelastuslaitokselle.

## **2 Hengityselimistön anatomiaa ja fysiologiaa**

### **2.1 Hengityselimistö**

Hengityselimistöön kuuluvat keuhkot, rintakehä, pallea sekä suun ja nenänielun alue (Sovijärvi & Salorinne 2012, 55). Hengityselimistö voidaan jakaa ylähengitysteihin ja alahengitysteihin. Ylähengitysteihin kuuluvat nenäontelo sivuonteloihin, nielu sekä kurkunpää. Alahengitysteihin kuuluvat henkitorvi eli trachea ja keuhkoputket. (Hiltunen, Holmberg, Kaikkonen, Lindblom-Yläne, Nienstedt & Wähälä 2005, 367.) Hengitysteillä on useita tehtäviä, kuten hengitysilman kostuttaminen, lämmittäminen ja puhdistaminen. Pääsääntöisesti nämä tehtävät tapahtuvat ylähengitysteissä. (Sovijärvi & Salorinne 2012, 55.)

### **2.2 Ylähengitystiet**

Sisäänhengitettävä merkittävä osa ilmaa virtaa keuhkoihin nenäontelon kautta. Nenän sileä väliseinä jakaa nenäontelon kahteen puoliskoon. Sierainaukkojen epiteelissä on kiinni ilmansuodattimena toimivia vahvoja karvoja. (Bjålie, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2008, 302.) Nenäkarvat suodattavat ilmasta kookkaampia hiukkasia, kun taas

limakalvolla oleva lima kerää pienempiä hiukkasia (Hiltunen ym. 2005, 368). Hengitysilman lämmitys tapahtuu nenän limakalvoilla, joissa on paljon verisuonia. Nenän limakalvolla olevien verisuonten ansiosta nenäontelon kautta hengitetty ilma lämpenee ruumiinlämpöiseksi ennen siirtymistään keuhkorakkuloihin. (Bjålie ym. 2008, 300.)

Suuontelon kautta kulkee myös osa sisäänhengitysilma. Suun kautta virtaava ilma kulkee nopeammin kuin nenäontelon läpi hengitettäessä. Hengitettäessä suun kautta ilman esikäsittely, kuten hengitysilman lämmitys, ei ole yhtä tehokasta kuin nenäontelon kautta. Jos hengitys nenän kautta on estynyt, suun kautta hengittäminen lisääntyy esimerkiksi nenän ollessa tukossa potilaan sairastaessa flunssaa. Fyysisen rasituksen aikana suurin osa ilmasta joutuu kulkemaan suuontelon kautta, ettei virtausvastus olisi liian suuri. (Bjålie ym. 2008, 302.)

Nielu eli pharynx on alaspäin kapeneva lihaksinen putki kuuden ylimmän kaulanikaman etupuolella (Hiltunen ym. 2005, 467). Suuontelon kautta kulkeva hengitysilma kulkeutuu nieluun, jossa on kaksi aukkoa. Toinen aukoista johtaa ruokatorveen ja toinen kurkunpäähän. Nielun limakalvo on kerrostunutta levyepiteeliä, ja se on rakenteeltaan vahvempaa verrattuna hengitysteiden epiteeliin. Vahvempi levyepiteeli on tarpeellinen ruuan aiheuttaman mekaanisen kulutuksen takia. Sen yläosissa on kummallakin puolella korvatorven eli tuba auditivan aukko, joka yhdistää välikorvan nieluun. Aukkojen välissä on imukudoksesta rakentunut kitarisa eli tonsilla pharyngea, joka voi kasvaa lapsilla liian suureksi, jolloin se kykenee tukkimaan korvatorvien sekä nenäontelon aukot nieluun. (Bjålie ym. 2008, 302.)

### **2.3 Alahengitystiet**

Alahengitysteihin kuuluvat henkitorvi eli trachea ja keuhkoputket (Hiltunen ym. 2005, 367). Henkitorven ja pääkeuhkoputkien seinämät ovat rustoa, jotka muistuttavat renkaita. Rustorenkait toimivat niille tukirakenteena, jotka estävät niiden painumisen kasaan. Keuhkoputkien alaosien tukirakenne muodostuu ainoastaan lihaksen säikeistä. (Sovijärvi & Salorinne 2012, 56.)

Hengitysteiden sisäpintaa peittää hengitystie-epiteeli, joka on yksikerroksista värekarvallista lieriöepiteeliä. Limakalvolla on useita limaa erittäviä soluja, joiden pinnalla on sitkeä limakerros. Mikrobit ja hengitetyn ilman mukana kantautuvat hiukkaset tarttuvat tähän limakerrokseen, joka kulkeutuu värekarvojen liikkeiden ansiosta kohti nielua ja lopulta mahalaukkuun. Mahalaukun suolahappo tuhoaa niellyn liman, johon mikrobit ovat tarrautuneet. (Bjälle ym. 2008, 300).

Kurkunpää eli larynx on rakentunut useammasta erilaisesta rustosta, ja se yhdistää nielun henkitorveen (Bjälle ym. 2008, 303). Kilpirusto on rustoista suurin ja nimensä mukaan suojaa kurkunpäästä edestä päin. Kurkunpään yläaukon yläpuolella on kurkunkannenrusto, joka limakalvon kanssa muodostaa kurkunkannen eli epiglottiksen. Nieltäessä kurkunkansi sulkee kurkunpään lähes kokonaan kuitenkin ohjaten ruuan henkitorven takana sijaitsevaan ruokatorveen. (Hiltunen ym. 2005, 369.)

Ihmisen äänen muodostukseen osallistuu kurkunpää. Siellä sijaitsevat äänihuulet muodostuvat kahdesta kimmoisasta vaakasuorasta äänihuulesta. (Bjälle ym. 2008, 303.) Puheääni syntyy äänihuulissa, jotka ovat kireänä ja värähtelevät uloshengityksen aikana ilmavirtauksen painaessa niitä sivusuunnassa. (Hiltunen ym. 2005, 370.)

Henkitorvi eli trachea jatkaa kurkunpään onteloa alaspäin. Rakenteeltaan henkitorvi koostuu useista hyaliinirustokaarista, elastisista sidekudossäikeistä sekä sileälihaskudoksesta. Nämä yhdessä muodostavat noin 10–12 cm pitkän joustavan putken. (Bjälle ym. 2008, 304.) Henkitorvi haarautuu alapäässä oikeaksi ja vasemmaksi pääkeuhkoputkeksi, jotka menevät aina oikeaan ja vasempaan keuhkoon asti. Keuhkojen sisällä pääkeuhkoputket jakaantuvat yhä pienemmiksi putkiksi, keuhkoputkiksi (bronchus), joissa ei ole hallitsevaa rustomaista rakennetta vaan sileää lihaskudosta. Pienempien keuhkoputkihaarojen ympärillä ei ole enää kuin sileää lihaskudosta, josta rusto on hävinnyt. (Hiltunen ym. 2005, 371.)

## **2.4 Keuhkot, keuhkopussi ja keuhkorakkulat**

Rintaontelossa sijaitsevat keuhkot ovat suljetussa tilassa selkärangan rintamanikamista, kylkiluista, kylkivälilihaksista ja rintalastasta muodostuneessa rintakehässä (Bjälle ym.



2008, 306). Keuhkot muodostuvat lohkoista, jotka jakautuvat jaokkeisiin eli segmentteihin, joihin jokaiseen menee keuhkoputket. Lohkojen etuna on parantaa keuhkojen liikkumista hengitettäessä. Oikeassa keuhkossa lohkoja on kolme, kun taas pienemmässä vasemmassa keuhkossa niitä on vain kaksi. (Bjälle ym. 2008, 306–307.)

Molempia keuhkoja ympäröi kaksilehtinen keuhkopussi (pleura). Sen tehtävänä on turvata keuhkojen sujuvaa liikettä hengittäessä. Keuhkopussin sisusmyötäinen lehti on kiinni keuhkon pinnassa ja ulompi rintakehän seinämässä. Sisempi lehti ulottuu myös lohkojen väliin, jotka hengitettäessä liikkuvat kitkattomasti toisiaan myötäillen. Sisusmyötäisen ja uloimpien lehtien väliin jää pieni kapea tila, jota kutsutaan keuhkopussionteloksi eli pleuraonteloksi. Keuhkopussiontelon ohuen tilan täyttää neste, joka toimii voiteluaineena lehtien välillä niin, että ne liikkuvat hengitettäessä kitkatta toisiaan vasten. Neste on samankaltaista kitkaa poistavaa nestettä kuten nivelissä. (Hiltunen ym. 2005, 371.)

Keuhkopussiontelossa on jatkuvasti alipaine. Syy alipaineen muodostumiseen ovat vastakkaisiin suuntiin vetävät kudokset. Rintakehän seinämät koettavat laajentua, kun taas keuhkot pyrkivät hakeutumaan kokoon. (Hiltunen ym. 2005, 381.) Keuhkopussiontelon umpinainen tila ei kykene laajentumaan huomattavasti. Tämän vuoksi keuhkopussiontelon paine laskee rintaontelon laajentuessa. Tämä alipaine toimii kuten imu, joka vetää keuhkoja ulospäin samaan aikaan laajenevan rintakehän mukaisesti. (Bjälle ym. 2008, 307.)

Hengitysteiden ohuimmat haarat päättyvät keuhkorakkulasäkkeihin. Ne muodostuvat 150 miljoonasta yksittäisestä keuhkorakkulasta, joissa kaasujen vaihtuminen tapahtuu. Keuhkorakkuloiden eli alveolien seinämät ovat rakenteeltaan yhdenkertaista levyepiteeliä, jonka alla on ohut tyvikalvo. Tiheä hiussuoniverkosto ympäröi viinirypäleterttua muistuttavia keuhkorakkulasäkkejä, mikä mahdollistaa riittävän nopean ja tehokkaan kaasujen vaihtumisen rakkuloiden ja hiussuonten välillä. (Bjälle ym. 2008, 305.) Keuhkorakkuloiden läpimitta muuttuu hengitysvaiheitten mukaisesti 0,1 millimetrin ja 0,4 millimetrin välillä ulos- ja sisäänhengityksen vaiheissa. Rakkulat ovat läpimitaltaan suurimmillaan sisäänhengitysvaiheessa. (Hiltunen ym. 2005, 371.)

## 2.5 Hengityslihakset

Hengityslihakset voidaan jakaa sisäänhengityslihaksiin sekä uloshengityslihaksiin. Hengityslihaksista tärkein on pallea. Tärkeitä uloshengityslihaksia ovat myös ulommat kylkivälilihakset. Pallean supistuessa ja painuessa alas keuhkot laajenevat ilman virratessa niihin. Ulommat kylkivälilihakset liikuttavat kylkiluita, minkä ansiosta rintaontelo kykenee suurentumaan. (Hiltunen ym. 2005, 373–374.)

Uloshengitykseen osallistuvat sisemmät kylkivälilihakset sekä mahdollisesti tarpeen mukaan vatsalihakset. Sisemmät kylkivälilihakset toimivat vastakkaisella tavalla kuin ulommat kylkivälilihakset. Ne vetävät kylkiluita alas pienentäen rintakehää. Vatsalihakset osallistuvat uloshengitykseen pallean ollessa veltostunut. Vatsalihakset pystyvät työntämään vatsaontelossa olevia elimiä ylöspäin tehostaen ilman virtausta keuhkoista ulos. (Hiltunen ym. 2005, 374.)

Pallea on hengityslihaksistamme tärkein. Se on muodostunut lihaskudoksesta sekä sidekudoksesta. Sen lihassyiden kaartuessa pallea muistuttaa muodoltaan holvimaista kaarta, joka erottaa rinta- ja vatsaontelon toisistaan. Se ulottuu ylimmistä lannenikamista kuuden alimman kylkiluun sisäsvulta miekkalisäkkeeseen asti. Hengittäessä sisään pallea supistuu ja uloshengittäessä se puolestaan veltostuu. (Bjälle ym. 2008, 208.)

## 2.6 Hengityselimistön fysiologiaa

Hengityksellä eli respiraatiolla tarkoitetaan hapen siirtymistä hengitysilmaasta soluihin sekä hiilidioksidin siirtymistä soluista ilmaan (Hiltunen ym. 2005, 366). Itse kaasujen vaihdunta voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen: keuhkorakkuloiden tuuletukseen, kaasujen diffuusioon keuhkorakkuloiden ja keuhkojen hiussuonten välillä sekä kaasujen kuljetukseen verenkierrassa. (Sovijärvi & 2012, 55).

Hengittäminen on yksi ihmisen peruselintoiminnoista. N. Roper, W. W. Logan ja A. J. Tierney sisällyttävät hengittämisen osaksi laajasti tunnettua elämisen malliaan. Heidän mukaansa ”hengittäminen lienee ainoa elämisen toiminto, jonka ihminen suorittaa riippumattomasti syntymästään kuolinhetkeensä saakka.” Terveellä ihmisellä ei siis ole riippuvuus-riippumattomuus -jatkumoa, kun on kyse hengittämisestä, mutta sairastues-

saan ihminen voi menettää riippumattomuutensa osittain tai kokonaan. (Roper, Logan & Tierney 1992, 142.)

## **2.7 Keuhkotuuletus**

Keuhkotuuletus eli ventilaatio on hengitysilman siirtymistä keuhkoihin ja keuhkoista ulos, mihin osallistuvat hengityslihakset. Hengityksen rytmityksessä vuorottelevat sisäänhengitys (inspiraatio) sekä uloshengitys (ekspiraatio). Keuhkotuuletuksessa sisäänhengityslihasten toiminnasta syntyy hengitysteihin pieni alipaine, minkä vuoksi ilmaa virtaa sisään hengitysteihin. (Hiltunen ym. 2005, 372–373, 381.) Ilma siirtyy joka kerta korkean paineen alueelta matalamman paineen suuntaan. Ulkoisen ilmanpaineen sekä keuhkorakkuloissa eli keuhkoalveoleissa olevien paineiden välinen eroavuus määrittää, virtaako ilma alveoleihin vai niistä pois. (Bjälle ym. 2008, 307.)

Kun rintakehä laajenee, sisäänhengitys alkaa. Sisäänhengitettäessä pallea vetäytyy alaspäin, jolloin rintakehä kykenee laajentumaan ja rintaontelon tilavuus kasvaa. Kylkiluut ja rintalasta työntyvät ylös- ja ulospäin, jolloin rintaontelo suurenee ilman virratessa kehittyneen alipaineen johdosta keuhkoihin. (Sovijärvi & Salorinne 2012, 57.) Keuhkorakkuloissa sisällä oleva alveolipaine laskee ilmanpaineen alapuolella, minkä seurauksena ilmaa virtaa keuhkoihin (Bjälle ym. 2008, 308).

Uloshengityksessä rintakehä supistuu pallean työntyessä ylöspäin, ja ilmaa virtaa keuhkoista ulos niin pitkään, että paine-ero ilmanpaineen sekä alveolien välillä on tasoittunut. (Bjälle ym. 2008, 308). Tavallisessa uloshengityksessä keuhkojen kimmovoimat palauttavat rintakehän sekä keuhkot varsinaiseen tilavuuteensa (Sovijärvi & Salorinne 2012, 57). Ulos- ja sisäänhengityksen välisen seisahduksen aikana alveoleissa oleva paine on sama kuin ilmanpaine. Seisahduksen aikana ilmaa ei virtaa kumpaankaan suuntaan. (Bjälle ym. 2008, 308.)

## **2.8 Kaasujen vaihto**

Ventilaation seurauksena keuhkorakkuloihin virtaa säännöllisesti uutta ilmaa. Tavallinen ulkoilma, jota hengitetään, sisältää 79 % typpeä, 21 % happea ja pienehkön määrä

vesihöyryä, hiilidioksidia ja muita kaasuja. Merenpinnan tasolta mitattaessa kokonaisilmanpaine on arviolta 101,3 kPa (760 mmHg). (Bjälle ym. 2008, 312.) Hengityskaasujen määriä ilmoitetaan osapaineina. Kokonaisilmanpaine muodostuu ilman eri kaasujen osapaineiden osuuksien summasta. Hapen osapaine kokonaisilmanpaineesta on 20,3 kPa (152 mmHg). (Hiltunen ym. 2005, 385.)

Kaasut siirtyvät joka kerta suuremmasta osapaineesta pienemmän osapaineen suuntaan. Hapen siirtyminen alveoli-ilmasta verenkiertoon on mahdollista, kun hapen osapaine on suurempi kuin verenkierrossa vallitseva hapen osapaine. Vastaavasti hiilidioksidi siirtyy vastakkaiseen suuntaan hiilidioksidiosapaineen ollessa verenkierrossa suurempi kuin alveoli-ilmassa. (Hiltunen ym. 2005, 385-386.)

Kaasujen vaihtuminen tapahtuu keuhkoalveolien ilman ja alveoleja peittävien hiussuonten veren välillä. Kaasut diffundoituvat vallitsevien osapaineiden mukaisesti suuremmasta pienempään. (Bjälle ym. 2008, 312–312.) Ulkoilman päästessä keuhkoihin sekoittuu se jo siellä olevaan ilmaan, minkä seurauksena hapen osapaine alveoleissa laskee ulkoilman painetta alhaisemmaksi. Alveoli-ilmassa normaali happiosapaine on noin 13,3 kPa. Keuhkohiussuoneen palaavan veren happiosapaine on enää vain 5,3 kPa, minkä vuoksi happea siirtyy diffundoitumalla vereen suuremmasta osapaineesta pienemmän osapaineen suuntaan. (Hiltunen ym. 2005, 388.) Vastaavalla tavalla hiilidioksidin osapaine veressä on korkeampi kuin alveoleissa, minkä vuoksi hiilidioksidi diffundoituu alveoli-ilmaan ja sieltä aina takaisin ulkoilmaan (Bjälle ym. 2008, 313). Kaasujen vaihtuminen elimistössä on kuvattu kuviossa 1 (liite 1).

## 2.9 Kaasujen kuljetus veressä

Tavallisessa ilmanpaineessa hemoglobiiniin eli verenpunaan on sitoutuneena hapesta 99 %. Hemoglobiini on neljästä peptidiketjusta sekä neljästä hemiporfyriniyhdistemolekyylistä rakentunut verenpunan proteiiniosa. Happimolekyyli kiinnittyy kaikkiin hemin keskellä oleviin rauta-atomeihin. Jokaisessa neljässä hemoglobiinimolekyylissä on neljä vapaata hapenkuljetuspaikkaa. Ääreisverenkierrossa valtimoveressä on ainoastaan kolme vapaata hemoglobiinin hapenkuljetuspistettä. Muihin hemoglobiinin

hapenkuljetuspisteisiin on kiinnittyneenä 97 happimolekyyliä. Terveen ihmisen veren hemoglobiinihappipitoisuus on siis 97 %. (Hiltunen ym. 2005, 388.)

Hiilidioksidia syntyy elimistössä solusynteesissä, ja se siirtyy eli diffundoituu soluista kudostesteeseen. Kudoksissa vallitsee korkeampi hiilidioksidiosapaine, minkä vuoksi se diffundoituu hiussuonten seinämien läpi verenkiertoon. Verenkierrossa hiilidioksidi kulkeutuu fysikaalisesti liuenneena, hemoglobiiniin kiinnittyneenä ja bikarbonaatti-ioneina. (Bjälle ym. 2008, 316.)

## 2.10 Elimistön muutokset sukelluksen aikana

Immersio<sup>1</sup> tarkoittaa veteen menemistä (Sipinen 2005, 244). Se aiheuttaa kehoon puristavan paineen, joka on sitä suurempi, mitä syvemmälle sukeltaja laskeutuu (Sipinen 2005, 244; McArdle, Katch & Katch 1991, 580). Paine on seurausta kahdesta voimasta: sukeltajan yllä olevan vesipylvään sekä ilmakehän aiheuttamasta paineesta. Sukeltajaan kohdistuva paine kasvaa aina yhdellä ilmakehää vastaavalla paineella laskeuduttaessa vedessä 10 metriä. Siispä, kun sukeltaja on 10 metrissä pinnasta, häneen kohdistuu kahden ilmakehän suuruinen paine, yksi ilmakehä veden pintaa ympäröivästä ilmamassan painosta ja toinen ilmakehä yllä olevan vesipylvään painosta. (McArdle ym. 1991, 580.)

Kehoon kohdistuva paine saa merkittävän osan perifeeristä verenkiertoa, eli noin 0,7 litraa, siirtymään rintakehän sisälle. Immersio vaikuttaa ensisijaisesti sydämen ja keuhkojen toimintaan. Sydämessä syketaajuus pienenee, mikä liittyy sukellusheijasteeseen.<sup>2</sup> Sykkeen pienentyessä minuuttitilavuus ja iskutilavuus sitä vastoin suurenevät. Sydämen diastolinen täyttö kasvaa jopa neljäsoosalitralla, mikä aiheuttaa puolelle terveistäkin henkilöistä lisälyöntejä. Rytmihäiriöalttius lisääntyy. Sukelluksiin meno ei ainoastaan vai-

<sup>1</sup> Läheinen käsite submersio tarkoittaa puolestaan upotusta, upottamista nesteeseen (Puolakka 2012, 291). Tarkoitetaan koko kehon, mukaan lukien ilmateiden upottamista (Puolakka 2012, 291; Jama 2013, 592).

<sup>2</sup> Sukellusheijaste tarkoittaa heijastetta, jossa kylmän veden tai ilman osuessa kasvuihin sydämen syke pienenee ja verenkierron ääreisvastus kasvaa (Nienstedt ym. 2007, 683). Kylmä osuessaan kasvuihin ärsyttää kolmoishermaa. Sittemmin on otettu käyttöön termi sukellusvaste (*diving response*), koska ilmiöön tiedetään liittyvän muitakin fysiologisia muutoksia. (Sipinen 2005, 245.) Muita muutoksia elimistössä ovat muun muassa verenkierron jakautuminen uudella lailla painottuen elintärkeisiin kohteisiin, kuten aivoihin ja sydämeen sekä mahdollisesti kurkunkannen sulkeutuminen, mikä estää aspiraation hukkumisessa. Tällöin puhutaan ”kuivasta hukkumisesta”, jota esiintyy noin 10–20 % hukkumisissa. (Puolakka 2009, 654.)

kuta sukeltajan sydämeen. Keuhkojen osalta vitaalikapasiteetti<sup>3</sup> pienenee jopa kymmenyksen. Tämä johtuu kasvaneesta paineesta ja verimäärästä sekä toisaalta matalammasta lämpötilasta. (Sipinen 2005, 245.) Keuhkojen tilavuus pienenee syvemmälle mentäessä (taulukko 1) (Sipinen 2005, 245; McArdle ym. 1991, 581). Hengityksen virtausvastus suurenee, eli sisäänhengitystyö kasvaa. Tämä on nähtävissä jo normaalin uinnin aikana, ja se lisääntyy, jos käytetään snorkkelia. Hengitystaajuus pienenee ja hengitysliikkeen laajuus kasvaa; minuuttiventilaatio ei täten muutu. Diffuusiokapasiteetti<sup>4</sup> suurenee, ja hapenkulutus lisääntyy. Muita elimistön muutoksia ovat virtsanerityksen eli diureesin suureneminen, mikä ei johdu ainoastaan ympäröivästä kylmästä vedestä, vaan sitä tapahtuu myös käytettäessä lämmintä kuivapukua. (Sipinen 2005, 244–245.)

Taulukko 1. Veden syvyyden vaikutukset keuhkojen tilavuuteen Sipisen (2005, 246) sekä McArdlen ym. (1991, 581)<sup>5</sup> mukaan.

Syvyys (m)	Keuhkojen tilavuus (l)	Vastaava (absoluuttinen) paine
Pinta	6	1 bar = 100 kPa
10	3	2 bar = 200 kPa
20	2	3 bar = 300 kPa
30	1,5	4 bar = 400 kPa

Immersiolla on vaikutusta myös aistijärjestelmiin. Näköaisti huononee, sillä ilman ja veden taittokertoimet ovat likimain samat, mikä on huomattavissa tavallisten sukellusten yhteydessä, kun ei käytetä mitään silmillä. Uimalaseja tai sukeltajan silmikkaa käytettäessä näkökenttä terävöityy, mutta tällöin esineet näyttävät huomattavasti todellista suuremmilta, mikä vaikeuttaa etäisyyksien arviointia. Silmikoiden tai sukellusnaamareiden katvealueet vaikeuttavat myös etäisyyksien arviointia. Mitä syvemmällä sukellaan, sitä enemmän värit siivilöityvät pois ja sitä hämärämmäksi ympäristö muuttuu. Erityisesti järvissä olevat hiukkaset ja väriaineet ovat näkyvyyden esteenä. Veden alla maan vetovoima ei tunnu, mikä häiritsee tasapainoaistia. Kuuloaisti ei erota helposti äänien tulosuuntaa, sillä vedessä äänen nopeus on jopa 1,5 kilometriä sekunnissa. Li-

<sup>3</sup> Vitaalikapasiteetti (lyh. VC) on suurin mahdollinen ilmamäärä, jonka henkilö pystyy hengittämään ulos sen jälkeen, kun on hengittänyt sisään mahdollisimman suuren ilmamäärän (Nienstedt ym. 2007, 796).

<sup>4</sup> Diffuusiokapasiteetilla tarkoitetaan mittaa, joka kuvaa keuhkojen kaasujen siirtokykyä (Nienstedt ym. 2007, 111).

<sup>5</sup> McArdle ym. (1991, 581) käyttävät teoksessaan paineen yksikkönä elohopeamillimetrejä (mmHg) pascaleiden sijaan sekä baarien sijaan ilmakehän painetta, mutta nämä kahden teoksen luvut vastaavat likimain toisiaan.

säksi ääniaallot muuttavat suuntaa taittuessaan erilämpöisistä vesikerroksista. (Sipinen 2005, 245–246.)

## 2.11 Kaasujen lait

Laitesukellusta ja siihen yhteydessä olevaa dekompressiotautia on mahdollista käsittää syvällisesti vain, mikäli omaa riittävän perusymmärryksen eräistä fysiikan ja fysiologian laeista, tärkeimpänä kaasujen lait.

*Boyle'n lain* mukaan kaasun tilavuus kerrottuna sen osapaineella on vakio. Se auttaa ymmärtämään elimistössä syntyvää painevauriota. (Sipinen 2005, 246.) Tästä seuraa se, että jos ympäröivää painetta kasvatetaan kaksinkertaiseksi, puolittuu kaasun tilavuus; ja käänteisesti, jos paine puolitetaan niin kaasun tilavuus kasvaa kaksinkertaiseksi (McArdle ym. 1991, 581). Keuhkojen tilavuus siis pienenee, kun sukelletaan syvemmälle. Esimerkiksi, jos maan pinnalla keuhkojen tilavuus on 6 litraa ja paine vastaa 100 kPa:ta, niin kymmenen metrin syvyydessä keuhkojen tilavuus on pienentynyt 3 litraan, ja tällöin paine on 200 kPa (taulukko 1). Ylöspäin tultaessa vastaavasti tilavuus suurenee. (Sipinen 2005, 246.) Jos sukelluksen aikana kymmenessä metrissä olisi keuhkoissa ilmaa 6 litraa, pintaan tullessa tuo tilavuus olisi puolet enemmän, eli 12 litraa. Tämän tähden on elintärkeää, että sukeltaja pääsee poistamaan ilman suun tai nenän kautta nousun aikana. Muuten keuhkokudos repeää laajenevien kaasujen seurauksena. (McArdle ym. 1991, 581, 587.)

*Daltonin lain* mukaan kaasun kokonaispaine muodostuu sen sisältämien kaasujen osapaineen summana. Esimerkiksi voidaan laskea osapaine ilmalle, jossa on pääasiassa typpeä, happea, vesihöyryä, hiilidioksidia ja jalokaasuja, kuten heliumia. Tällöin kaava on  $P = P(N_2) + P(O_2) + P(H_2) + P(CO_2) + P(He)$ . Ainoastaan yksittäisten kaasujen osapaineet merkitsevät biologisesti. Nämä osapaineet saadaan kertomalla paine sukellussyvyyttä vastaavalla absoluuttisella kokonaispaineella. Se, että urheilu- ja ammattisukeltajat käyttävät hengitykseen paineilmaa eivätkä puhdasta happea, liittyy tähän kokonaisuuteen. Happi nimittäin muuttuu myrkylliseksi keuhkokudokselle, kun sen osapaine ylittää 150 kPa, ja keskushermostolle se muuttuu tappavan myrkylliseksi, kun sen osapaine ylittää 280 kPa. Myös typpi muuttuu narkoottiseksi, jos sen osapaine kasvaa riit-

tävän suureksi.<sup>6</sup> Typpi- eli syvyyshumala haihtuu pinnalle päin tultaessa, eikä siitä synny krapulaa tai mitään vaurioita, toisin kuin happimyrkytyksessä. (Sipinen 2005, 246.)

*Henryn laki* kuvastaa kaasujen liukenemista nesteeseen. Lain mukaisesti, mitä suuremaksi ulkoinen paine kasvaa, sitä suurempi on kaasun liukenemisaste. (Sipinen 2005, 246.) Sukelluksen aikana hengitetään yleensä ilmaa painepullosta, jossa on typpeä 78 % (Jama 2013, 599). Sitä imeytyy kudoksiin sitä enemmän, mitä pidempään ja syvemmässä ollaan vedessä (Jama 2013, 599; Sipinen 2010, 435). Niinpä esimerkiksi 30 metrin syvyydessä sukeltajan elimistössä typen määrä voi olla jopa nelinkertainen (Sipinen 2010, 436).

### 3 Laitesukellus

Arvioiden mukaan Suomessa on 20 000-30 000 laitesukelluksen harrastajaa (Jama 2013, 598). Laitesukelluksessa käytetään perusvälineiden (maski, snorkkeli ja räpylät) lisäksi tasapainotusliiviä ja hengityslaitetta (Sukeltajaliitto ry 2009). Laitteesta käytetään nimeä *SCUBA* (*self contained underwater breathing apparatus*) (Sipinen 2010, 435). Laitesukeltajista enemmistö on tekemisissä pelkästään virkistysukelluksen kanssa. Siinä sukellussyvyys ei ylitä 30:tä metriä, hengityskaasuna käytetään normaalisti paineilmaa, ja sukellus toteutetaan suoranaissukelluksena. Se tarkoittaa sitä, että missä tahansa sukelluksen vaiheessa on mahdollisuus nousta pintaan (suoranaissu) ilman, että dekompressiotaudin riski merkittävästi lisääntyisi.

Harrastussukeltajista loput, eli noin pari prosenttia, on tekniikkasukeltajia. He voivat käyttää hengityskaasuna esimerkiksi happirikastettua ilmaa ("nitrox") tai hapen, typen ja heliumin seosta ("trimix"). (Jama 2013, 598.) Pyrkimyksenä on vähentää typpihumalan vaikutusta (Sipinen 2010, 435). Tekniikkasukeltajat sukeltavat syvemmällä, ja tästä johtuen he toteuttavat sukelluksensa yleensä etappisukelluksena. Se tarkoittaa sitä, että pintaan nousu tehdään vaiheissa, joiden välissä pidetään ennalta suunniteltuja paineentasaustaukoja. (Jama 2013, 598; Sukeltajaliitto ry 2009.) Paineentasaustauoissa on tar-

---

<sup>6</sup> Puhekielessä viitataan niin sanottuun Martinin lakiin, mikä tarkoittaa, että 15 metrin sukellussyvyys vastaa yhtä Martinia tyhjään vatsaan, 30 metrin syvyys vastaa kahta jatkuen suoraan verrannollisesti (Sipinen 2005, 246).



koituksena vähentää sukeltajan kudoksiin kertyneen inerttikaasun<sup>7</sup> osapaine kriittisen rajan alapuolelle, minkä jälkeen nousua voidaan jatkaa (Sukeltajaliitto ry 2009). Etappipysähdysten aikana tehdään myös hengityskaasujen vaihtoja, joiden tarkoitus on vähentää typen määrä kudoksissa minimiin. Tällöin voidaan esimerkiksi käyttää niin kutsuttua dekokaasua, jossa on puolet happea ja puolet typpeä. (Jama 2013, 598.)

Lisäksi on olemassa ammattimaista sukellustoimintaa, jota toteuttavat rajavartiolaitos, puolustusvoimat, pelastuslaitokset ja yksityiset työ- ja tutkimussukellusyritykset. Koulutettujen ammattisukeltajien määrä Suomessa on noin 800. (Jama 2013, 598.)

## 4 Dekompressiotauti

### 4.1 Taudin kuvailua

Yläkäsite sukellussairaus (*decompression illness, DCI*) jaetaan dekompressiotautiin ja valtimokaasuembolioihin (*arterial gas embolism, AGE*). Driver's Alert Networkin (DAN) mukaan sukellussairaudet jakautuvat seuraavasti: 58 % dekompressiotauteja, 8 % valtimokaasuembolioita, ja loput kärsivät näiden oireista sekamuotoisena. (Jama 2013, 599.)

Dekompressiotauti (*decompression sickness, DCS*), toiselta nimeltään sukeltajantauti, on sairaus, joka aiheutuu sukeltajaa ympäröivän paineen nopeasta vähenemisestä esimerkiksi silloin, kun sukeltaja nousee sukellussyvyydestä pintaan. Seurauksena on kaasujen, lähinnä typen, kupliminen veressä sekä kudoksissa, mistä aiheutuvat muun muassa hengenvaaralliset hermosto-oireet. (Nienstedt ym. 2007, 683.) Typen lisäksi myös muilla inerttikaasuilla, on saatu aikaan dekompressiotautia. Tällainen on esimerkiksi helium. Vapaasukelluksessa<sup>8</sup> tautia on tavattu esimerkiksi helmen sukelluksessa tai elannon hankinnassa. Tällöin se vaatii kuitenkin yleensä tuntikausia kestäviä, toistuvia ja syviä sukellussarjoja. (Jama 2013, 599–600). Myös Puolakan (2012, 291) mukaan taudin on mahdollista ilmaantua ilman paineilmalaitetta, esimerkiksi silloin, kun on ky-

<sup>7</sup> Inerttikaasulla tarkoitetaan metabolisesti ei-aktiivista kaasua (Jama 2013, 599). Metabolinen ei-aktiivisuus tarkoittaa aineenvaihduntaan liittyen vaikutuksetonta (Nienstedt ym. 2007, 268, 451).

<sup>8</sup> Vapaasukelluksella tarkoitetaan sukellusta ilman paineilmalaitetta (Sukellusliitto ry 2009).

seessä 20 minuutin kestoinen ja 10 metriin ulottuva sukellus. Medioxigen Oy:n (2014) mukaan dekompressiotauti voi syntyä kuuden metrin sukellussyvyydessä, edellyttäen, että siellä on hengitetty ilmaa tai muuta kaasua.

Sukeltajantauti on nimityksenä melko harhaanjohtava, sillä sama mekanismi (paineen aleneminen) on taustalla myös, kun lentäjä, astronautti tai kaivostyöntekijä alkaa oireilla. Siksi oikeampi nimitys olisi suora käännös englannista, ”paineenalennustauti”. Tilastojen mukaan 80 % dekompressiotautiin sairastuneista on noudattanut sukellustietokoneen tai -taulukoiden antamia turvarajoja. (Jama 2013, 599–600.)

Dekompressiotaudin todennäköisyyttä nostavat poikkeuksellisen rasittava sukellus, huono fyysinen suorituskyky, ylipaino sekä kylmä vesi (Jama 2013, 600). Muita riskiä nostavia tekijöitä ovat syvälle ulottuvat ja pitkäkestoiset sukellukset sekä sukelluksen jälkeinen lentäminen (Thalmann 2004). Ylipainoisella riskin suurenemiseen liittyy tyypen rasvaliukoisuus. Sitä kertyy lihavaan sukeltajaan suurempina määrinä ja poistuu hitaammin heikentyneestä verenkierrasta johtuen. Dehydraatiolla on negatiivinen vaikutus taudin kehittymiseen, sillä perifeerinen verenkierto hidastuu. Astmaatikolla ahtautuneet keuhkoputket voivat altistaa ilmaembolialle, kun paineistettu hengityskaasu pääsee keuhkoihin, mutta noustessa pintaa kohden, ei välttämättä enää pois. Hyvään fyysiseen kuntoon vastaavasti liittyy riskin pieneneminen. Miesten ja naisten välillä ei ole huomattu eroa. (Sipinen 2010, 438–439.)

Sukeltamisen jälkeinen vuorokauden lentokielto perustuu dekompressiotaudin mahdolliseen kehittymiseen. Usein matkustamopaine on merenpinnalla vallitsevaan paineeseen nähden pienempi, jolloin verenkierrossa oleva typpi voi alkaa kuplia. Muu mahdollinen syy taudin kehittymiseen on sukelluksen jälkeinen nousu vuoristoon. (Sipinen 2010, 439.)

## 4.2 Patofysiologiaa

Patofysiologia viittaa elimistön toimintaan ja häiriön syntyyn, kun kyseessä on jokin sairaus (Nienstedt 2007, 540). Sukelluksen aikana elimistön kudokset absorboivat typpiä suorassa suhteessa ympäröivään paineen voimakkuuteen. Pysyessä muuttumatto-

massa paineessa, kaasu ei aiheuta mitään häiriötä. (Thalmann 2004.) Kun sukeltaja on esimerkiksi parinkymmenen metrin syvyydessä tarpeeksi pitkään, hänen kudostesteseensä liuenneen typen osapaine on noin 230 kPa. Pintaan noustessa typen osapaine pienenee aina 76 kPa:iin, mutta liian nopea nousu aiheuttaa saman efektin kuin lämpimälle avatulle pullolle, eli se alkaa kuplia. (Jama 2013, 599.) Kuplat muodostuvat virvoitusjuomaan liuenneesta kaasusta, kun nesteen ulkoinen paine pienenee äkisti korkkia avatessa (Kuokkanen 2002, 2770). Dekompressiotauti syntyy siis, kun sukeltaja nousee pintaan liian nopeasti (Sipinen 2005, 246–247; Thalmann 2004). Se voi tosin joissain tapauksissa puhjeta siitä huolimatta, että on noudatettu sukelluksen nousutaulukoiden rajoja (Thalmann 2004). Lähes kaikkien syvien sukellusten jälkeen voidaan laskimoverenkierrosta mitata doppler-ultraäänellä pienissä määrin kuplia, mutta varsinaiseen dekompressiotautiin tämä johtaa vain osassa tapauksia (Jama 2013, 599).

Sukeltajan noustessa ulkoinen paine pienenee, ja typpi alkaa poistua kudoksista liukoisena (Jama 2013, 599; Sipinen 2005, 247). Hengityselimistö poistaa sitä ympäröivään väliaineeseen. Kudostyypeillä on erilainen ”sietokyky” vapauttaa typpeä, kun ympäröivä paine alenee. Tätä kutsutaan supersaturaatioksi, millä viitataan siihen, että kudoksen typen osapaine on suurempi kuin alveolaarinen typen osapaine. Kun supersaturaatiokynnys ylitetään missä tahansa kudoksessa, se vapauttaa typen kaasuna verenkiertoon. Suurin osa kaasusta vapautuu kapillaarien eli hiussuonien laskimopuolella, josta se kulkee laskimoveren mukana keuhkoihin tai vaihtoehtoisesti vaikuttaa paikallisesti. (Jama 2013, 599.)

Syntyneet kuplat vaikeuttavat verenkiertoa sekä mekaanisesti että vaikuttamalla veren hyytymistekijöihin, jolloin syntyy hyytymiä ja tukoksia. Nämä aiheuttavat elimistöön hapenpuutetta, mistä seuraa vaurioita eri elinjärjestelmissä. (Sipinen 2005, 246–247.)

Laskimoissa kaasukuplat suurenevat, sillä ne yhdistyvät toisiinsa (Sipinen 2005, 247). Osa laskimoissa olevasta kaasusta niin liuenneena kuin kuplina poistuu hengitettäessä (Jama 2013, 599; Sipinen 2005, 247). Keuhkoilla on nimittäin kyky ”seuloa” pienimpiä kuplia pois verenkierrosta, eikä dekompressiotaudin oireita tällöin synny. Mikäli kuplien koko ylittää keuhkojen kyvyn poistaa niitä, dekompressiotaudin oireet alkavat kehittyä. (Jama 2013, 599.)

Kudoksissa paikallisesti vaikuttavat kuplat suurenevat puolestaan diffuusion kautta. Tästä seuraa hapen puutetta ja erilaisia kudoksien mekaanisia vaurioita, kuten luukuoli-oita ja sisäkorvavaurioita. Taudinkuvaan kuuluvat tyypilliset nivelkivut liittyvät näihin. (Sipinen 2005, 247.) Muita sen seurauksia ovat kapillaarikierron häiriöt, kongestiot eli verentungokset, endoteelin vauriot, nesteen kertyminen kudosten välitilaan, turvotukset ja kudosiskemia (Jama 2013, 599).

Mikrokuplien aiheuttamat ongelmat liittyvät myös elimistössä käynnistyvään tulehdusreaktioon. Lisäksi ne panevat käyntiin jo mainitun veren hyytymisjärjestelmän ja verihiutaleiden aktivaation. (Jama 2013, 599.) Näillä viitataan laskimoissa vaikuttavien kuplien aiheuttamiin sekundaarisiin hematologisiin muutoksiin (Sipinen 2005, 247). Veren hyytymisjärjestelmä ja verihiutaleiden aktivaatio ovat elimistön omia puolustusreaktioita vierasta ainetta vastaan, kuten myös mikrobien ollessa kyseessä, mutta dekompressiotaudissa reaktiot saavat aikaan kuplien ”stabiloitumisen”, minkä jälkeen yli-painehappihoito menettää merkittävästi tehoaan. (Jama 2013, 599.)

### 4.3 Oireet

Oireet dekompressiotaudissa ovat suurimmaksi osaksi seurausta happeutumisen ja energiantuotannon puutteesta kudoksissa. Lisäksi kuplat voivat vaikuttaa mekaanisesti sidekudoksissa aiheuttaen kipua. (Sipinen 2010, 437.) Pintaan nousun jälkeen dekompressiotaudin oireet ilmenevät sitä nopeammin mitä vakavammasta taudinkuvasta on kysymys (Sipinen 2005, 247; Jama 2013, 600). Puolet potilaista saa oireita tunnin sisällä, mutta ne voivat hyvin alkaa jopa parin vuorokauden päästä (Puolakka 2012, 292). Toisaalta, jos oireet alkavat yli 24 tuntia sukelluksen jälkeen, ne ovat enää harvoin dekompressiotaudin aiheuttamia. (Jama 2013, 600.) Sukelluksen aikanakin voi jo osa saada oireita (Kuokkanen 2002, 2770; Thalmann 2004). Keskimäärin oireet alkavat 1,8 tunnin kuluessa pintaautumisesta, ja ilman hoitoa ne pahenevat jopa 24–36 tunnin ajan<sup>9</sup> (Jama 2013, 600). Myöhään alkaneita oireita voi laukaista erityisesti sukelluksen jälkeinen lentäminen (Thalmann 2004). Oireet voivat olla väsymystä, kutinaa, pistelyä ja nivelkipuja sekä vaihdella halvaantumisesta, tajuttomuudesta, kouristelusta ja sokista aina kuolemaan asti (Puolakka 2012, 292).

---

<sup>9</sup> Diver’s Alert Networkin tilastojen mukaan.

Tarkemmin oireet voidaan jakaa lieviin ja vakaviin (Jama 2013, 600; Sipinen 2005, 247; Sipinen 2010, 437). Tyypin 1 dekompressiotauti käsittää lievät oireet ja tyypin 2 dekompressiotauti puolestaan vakavat oireet (Jama 2013, 600; Sipinen 2010, 437). Karkean arvion mukaan lievää, eli tyypin 1 dekompressiotautia, on noin kolmasosalla sairastuneista ja vakavaa, eli tyypin 2 dekompressiotautia, on lähes 70 %:lla DCS-potilaista (Jama 2013, 600).

Lievinä oireina on totuttu pitämään ihon kutinaa eli ”sukeltajan kirppuja”, ihon läikkiä ja nivelkipuja (”bends”) (Jama 2013, 600; Sipinen 2005, 247). Nivelkipujen lisäksi lihaskivut kuuluvat ryhmään ”bends”. Myös turvotuksia voi esiintyä ihossa. Viimeksi mainitussa on kyseessä imusuonten DCS. (Jama 2013, 600.) Nivelkivut johtuvat kaasun kuplimisesta niiden läheisyydessä sekä kudoshäiriöstä. Iho-oireet ovat puolestaan seurausta mikrokuplien aiheuttamasta paikallisen verenkierron estymisestä. (Kuokkanen 2002, 2770.)

Jäljelle jäävät vakavat oireet syntyvät kaasukuorman ollessa suuri (Sipinen 2010, 437). Vakavat oireet käsittävät pääasiassa sekä neurologiset että sydän- ja keuhkoperäiset oireet. Neurologiset oireet sisältävät laajan kirjon. Niihin kuuluvat kognitiivisten toimintojen häiriöt, kuten muistivaikeudet, sekavuus, vaikeudet puheen tuotossa, näköhäiriöt, huimaus, epätavallinen väsymys ja motorinen kömpelyys. Tajunnan häiriöt ja kouristelu ovat sen sijaan harvinaisia. Parestesioita eli tuntohäiriöitä sekä paraplegiaa eli alaraajahalvausta voi esiintyä silloin, kun tauti etenee selkäydintasolle. (Jama 2013, 600.) Selkäydinvaurio ja halvaantuminen johtuvat laskimoissa olevien kuplien aiheuttamasta verentungoksesta selkäydinlaskimossa. Myös esimerkiksi virtsarakko voi halvaantua. (Sipinen 2005, 247.)

Sydänoireet voivat olla lieviä, kuten erilaiset rytmihäiriöt tai vakavampia, kuten kuplien aiheuttama sydänlihaskemia tai -infarkti, vaikea akuutti pumppausvajausta ja sydänpysähdys. Keuhko-oireisiin luokitellaan hengenahdistus, hypoksemia ja keuhkopöhö. Sisäkorvan DCS voi aiheuttaa korvien soimista eli tinnitusta, kuulon alenemaa sekä huimausta. (Jama 2013, 600.) Tasapainohäiriöt kuuluvat myös viimeksi mainittuun. Aseptiset luukuoliot kuuluvat myöhäisoiireisiin. Niitä tavataan erityisesti lonkissa. (Sipinen 2005, 247.) Muita paikkoja ovat putkiluiden päät lähellä nivelpintoja. Valitettavasti mahdollisista myöhäisoiireista ei saada tietoa ennen kuin vasta kuukauden tai usean

kuukauden jälkeen röntgenkuvauksessa. (Sipinen 2010, 439.) Monet sairastuneet saavat sekamuotoisesti sekä tyypin 1 että tyypin 2 oireita. Jako näihin kahteen luokkaan ei perustu niinkään patofysiologiaan kuin syntyneeseen tarpeeseen saada vakavat tapaukset asianmukaisen hoidon piiriin. (Jama 2013, 600; Sipinen 2010, 438.) Lieviä oireita ja vakavia oireita on listattu taulukossa 2.

Oireet voidaan myös jakaa niiden esiintyvyyden perusteella. Tällöin yleisimpiä oireita ovat kipu (etenkin nivel- ja lihaskipu), pistely ja puutuminen, yleisoireet (päänsärky, pahoinvointi ja väsymys), heikotus ja huimaus sekä motorinen heikkous. (Vann, Butler, Mitchell & Moon 2011, 155.) Hyvin yleisiin oireisiin kuuluvat myös vaikeudet tyhjentää virtsarakkoa. Valitettavasti edellä mainitut tyypillisimmät oireet voivat aiheutua muistakin syistä (kuten raskaan painon nostamisesta ja yllirasituksesta), ja siksi monen sukeltajan ensireaktio oireisiin on kielto. Tämä voi hidastaa hoitoon hakeutumista. (Thalmann 2004.)

Taulukko 2. Dekompressiotaudin oireita ja löydöksiä Sipisen (2010, 438) mukaan.

Tyyppi 1	Tyyppi 2
Nivelkivut	Sensosiret häiriöt, tasapaino- ja näköhäiriöt
Kutina eli ”sukeltajan kirput”	Motoriset häiriöt, pareesit
Läikät iholla	Hengitysvaikeudet
Lymfödeema	Huimaus ja pahoinvointi
Poikkeava väsymys	Poikkeava väsymys

## 5 Dekompressiotaudin hoito

### 5.1 Potilaan tutkiminen

Potilaan tutkiminen alkaa anamneesista. Potilaan muut sairaudet ja lääkitys otetaan huomioon. Sukelluksiin liittyen selvitetään sukelluskokemus, edelliset sukellukset ja niiden välinen aika sekä aikaisemmat sukellusonnettomuudet. Onnettomuuteen johtanutta sukellusta tarkastellaan lähemmin: selvitetään sukeltajan maksimisyvyys ja aika veden alla, hengityskaasuseokset ja sukellusvarusteet. Mahdollisista nopeista paineen muutoksista on myös tärkeää saada tieto. (Kuokkanen 2002, 2770.)

Seuraavaksi tutkitaan potilaan status eli havaitut oireet. Selvitetään millaisia ne ovat sekä milloin ne alkoivat. Potilaan iholta voi olla nähtävissä verenpurkaumia. Erityistä huomiota kiinnitetään neurologisiin ja painevamman oireisiin. Painevammoista pahin koskee keuhkorepeämää ja ilmarintaa, joiden diagnostiikassa voidaan käyttää thorax-röntgeniä. Potilaan tajunta, vireys ja orientaatio selvitetään. Potilasta voidaan esimerkiksi käskää luettelemaan lukuja taaksepäin. Kiihtynyt akillesheijaste viittaa neurologisesti oireilevaan taudinkuvaan. Potilaan tasapainon arvio voidaan tehdä kävelyttämällä häntä. (Kuokkanen 2002, 2770–2771.)

## 5.2 Ensihoito

Ensihoidolla tarkoitetaan terveydenhuollon päivystystoimintaa, jossa tehtävänä on turvata äkillisesti sairastuneen tai onnettomuudessa loukkaantuneen potilaan tasokas hoito tapahtumapaikalla sekä kuljetuksessa (Määttä 2013, 14). Ensihoito viittaa ensisijaisesti hoitolaitosten ulkopuolella tapahtuvaan toimintaan (Silfvast & Kinnunen 2012, 14).<sup>10</sup>

Dekompressiotaudin paras hoito on ennaltaehkäisy. Kun sukeltaja nousee pintaan hitaasti nousutaulukoita noudattaen, kudoksiin liuennut typpi ehtii poistua elimistöstä luonnollisesti hengityksen mukana. (Sipinen 2005, 247.) Muita keinoja ennaltaehkäistä taudin ilmaantumista ovat riskiä lisäävien tekijöiden välttäminen, kuten jo mainitut pitkäkestoiset, rasittavat ja syvälle ulottuvat sukellukset tai lentäminen sukelluksen jälkeen (Thalmann 2004).

Sairastuneen kohdalla hoito on päälinjoissaan yksinkertainen (Sipinen 2005, 247). Potilas asetetaan vaakatasoon selinmakuulle ja suojataan kylmältä. Tämä asento poistaa parhaiten inerttiä kaasua elimistöstä. (Jama 2013, 601.) Potilas intuboidaan, mikäli hän on tajuton, koomassa tai kärsii hengitysvajauksesta (Kuokkanen 2002, 2771). Mikäli potilas on tajunnantasoltaan alentunut, eikä häntä ole intuboitu, on asento kyljellään. Voimakkaasta hengitysvaikeudesta kärsivän kuljetusasento on puoli-istuva, mikäli potilaan verenpaine sen sallii. Sukelluslääkärä tulee konsultoida, jos epäilee dekompressio- tautia oireiden ja löydösten perusteella (Jama 2013, 601–602.)

---

<sup>10</sup> Kummassakin lähdeoteoksessa käytetään tässä yhteydessä termiä ”ensihoitopalvelu”.

Aivan aluksi turvataan potilaan peruselintoiminnot ensihoidon perusmenetelmillä. Tämän jälkeen aloitetaan 100-prosenttisen hapen antaminen varaajapussinaamarilla, jossa käytetään riittävää happivirtausta. (Jama 2013, 601–602.) Kuokkanen (2002, 2771) mainitsee, että hapen virtaus tulisi olla minimissään 15 litraa minuutissa. Sitä jatketaan koko ensihoidon ja potilaan kuljetuksen ajan<sup>11</sup> (Puolakka 2009, 659; Kuokkanen 2002, 2771). Hapenhoidolla päästään noin 90 prosentin sisäänhengitysilman happiosuuteen, minkä ylläpitämisen on osoitettu parantavan potilaan ennustetta (Jama 2013, 602). Hapen antaminen voi vähentää oireita jo merkittävästi tai jopa poistaa ne hetkellisesti (Thalmann 2004). Mikäli potilaalla on tajunnan häiriöitä tai hänet on intuboitu, käytetään naamaria ja paljetta. (Jama 2013, 602.) Intubaatioputken kalvosimeen laitetaan ilman sijasta keittosuolaliuosta johtuen ilman kasaan puristumisesta ylipainehappihoidon aikana (Jama 2013, 602; Kuokkanen 2002, 2771). Myös steriiliä vettä voidaan käyttää (Perttilä 2002, 2650).

Laitesukellusonnettomuuksiin liittyy ominaispiirteenä potilaan nestevajaus johtuen diureesin kasvusta, mikä puolestaan on aiheutunut immersioista ja kylmästä vedestä. Nestevajauksella on vaikutusta kudosten verenkierron huonontumiseen sekä inerttien kaasujen hitaampaa poistumiseen. Siksi potilaalle tulee aloittaa nestehoito (Ringerin liuos 10 ml/kg) esimerkiksi aukiolotipassa puoleen tuntiin tai sovittaen hemodynamiikan tarpeisiin. (Jama 2013, 602.) Suun kautta on mahdollista antaa nesteitä, mikäli tajunnantaso on hyvä ja nieleminen onnistuu (Kuokkanen 2002, 2771). Mikäli sukeltaja nousee pintaan tajuttomana tai elottomana, on huomioitava jänniteilmamarrin mahdollisuus. Tällöin hoitona on nopea neulatorakosenteesi, jossa keuhkopussi punktoidaan suurella laskimokanyylillä ruiskua apuna käyttäen<sup>12</sup>. Hoitoelvytys aloitetaan elottomalle potilaalle. (Jama 2013, 536, 602.)

Kaikki dekompressiotaudin tyyppin 2 potilaat kuuluvat heti painekammiohoidon piiriin. Myös nivel- ja lihaskivuista kärsiville on hyvä järjestää pääsy kentältä painekammioon. (Jama 2013, 602.) Potilaat, joiden oireet kuuluvat tyyppiin 1, eivätkä ne häviä 100-prosenttisesta hapenhoidosta huolimatta 30 minuutin kuluessa, on saatava sairaalaseurantaan (Jama 2013, 602) Mikäli oireet jatkuvat tai palaavat 1-2 tunnin mittaisessa hap-

<sup>11</sup> Kuokkasen (2002, 2771) mukaan happea annetaan enintään 6 tuntia, jos sen osapaine on saatu sisäänhengityskaasussa likimain 100 kPa.

<sup>12</sup> Neulatorakosenteesi suoritetaan keskisolisinjassa 2. tai 3. kylkiluuväliin. Punktio tapahtuu aivan kylkiluun yläreunan vierestä samalla vetäen ruiskun mäntää alipaineen saamiseksi. Kun neula lävistää keuhkopussin, täyttyy ruisku ilmalla. Kanyyli kiinnitetään paikoilleen. (Jama 2013, 356–357.)



pihoidossa, tulee potilas saada ylipainekammioon<sup>13</sup> (Jama 2013, 602; Kuokkanen 2002, 2771). On syytä muistaa, että lievät oireet eivät sulje lopullisesti pois vakavampaa, tyyppin 2, dekompressiotautia (Kuokkanen 2002, 2771).

Potilaan kuljetus tulee tehdä maanteitse tai toisena vaihtoehtona helikopterilla matalalentokuljetuksena. Tavoitteena on, ettei matala ilmanpaine saisi potilaan tilaa huonommaksi. (Perttilä 2002, 2649.) Ilmakuljetuksissa potilaan tila vaatii erityistä tarkkailua. Lentokorkeuden ei tule ylittää 300 metriä, ja sitä tulisi laskea potilaan voinnin mukaan. Jopa 150 metrin lentokorkeudesta on raportoitu potilaan tilan huononemista. (Jama 2013, 602.)

### 5.3 Ylipainehappihoito

Ylipainehappihoito (*Hyperbaric Oxygen Therapy, HBOT*) on vakiintunut sukellusonnettomuuksien hoitomuoto, sekä ainoa parantava hoito dekompressiotaudissa (Jama 2013, 602). Sukeltajan uudelleen paineistamiseen<sup>14</sup> veden alla voi tulla kysymykseen vakavia oireita saaville, eikä sitä suositella lieväoireisille kuin vain marginaalisissa tapauksissa (Sipinen 2010, 441). Ylipainehappihoidossa estetään hapenpuutteesta syntyneet vauriot erityisesti ajatellen keskushermostoa ja isoja niveliä. Sairastunut viedään painekammioon, jossa annetaan hapetta suurella, usein 280 kPa:n ylipaineella. Tämä on akuutin happimyrkytyksen raja. (Sipinen 2005, 247.) Ylipainehappihoitoa toteutetaan Yhdysvaltain laivaston käytössä olevien rekompresiotaulukoiden mukaisesti, jolloin potilaan hoito voi kestää jopa 6 tuntia 2,8–1,9 baarin<sup>15</sup> paineessa puhtaalla hapella. Välillä pidetään ilmataukoja happimyrkytyksen ehkäisemiseksi. Mikäli on viitteitä valtimokaa-suemboliasta, hoito aloitetaan 6 baarin paineessa (vastaa 51 metrin syvyyttä) hengittäen ilmaa. (Jama 2013, 602.)

Mahdollisimman aikainen hoito varmistaa sen, että kuplat voidaan liottaa takaisin verenkiertoon (Sipinen 2005, 247). Tällä tavoin ne voidaan hengittää ulos alveolien kautta (Sipinen 2010, 440). Hoito vaikuttaa mekaanisesti kuplien kokoon: ne pienenevät ja

<sup>13</sup> Sipisen (2010, 440) mukaan tyyppin 1 oireisille hoidon aloittamisessa ei ole niin kiire, vaan jopa päivän viive on mahdollinen.

<sup>14</sup> Uudelleen paineistaminen eli rekompresio (Sipinen 2010, 440).

<sup>15</sup> 1 baari vastaa 100 000 pascalia (100 kPa) eli 2,8 baaria on 280 kPa ja 1,9 baaria on 190 kPa. 2,8 baaria vastaa 18 metrin syvyyttä (Jama 2013, 602).

näin niiden eliminoiminen on elimistölle helpompaa. Myös hapella, jonka määrä moninkertaistuu alveoleissa, verenkierrossa ja kudoksissa, on myönteinen vaikutus kuplien liukenemiseen. Tämä vaikuttaa myös hapenpuutteesta kärsivien kudosten parempaan happeutumiseen, sillä ylipaineessa happi kulkeutuu lähes neljä kertaa pidemmälle kudoksessa kuin normaalipaineessa (Jama 2013, 602; Perttilä 2002, 2650). Lisäksi hoito vähentää kudosturvotusta, millä on käyttöarvoa esimerkiksi, kun kallonsisäinen paine on koholla (Jama 2013, 602).

Suomessa ylipainekammioita on Helsingissä, Turussa, Tampereella sekä Upinniemiessä puolustusvoimilta. Oulun pelastuslaitoksella ja Kuopion pelastusopistolla on myös tarpeen vaatiessa niin kutsuttuja siirtokammioita. (Jama 2013, 602.) Ylipainekammiohoidon osalta ainoa päivystävä yksikkö on Turun yliopistollisessa keskussairaalassa (Puolakka 2009, 659; Perttilä 2002, 2651). Vaikeasti sairastuneet on esisijaisesti ohjattava Turun yliopistolliseen keskussairaalaan, jonka teho-osaston yhteydessä on tauottomassa valmiudessa toimiva ylipainehappihoitokeskus (Perttilä 2002, 2651). Etukäteen sopien hoitoa voidaan myös antaa Oulussa, Kuopiossa ja Helsingissä (Medioxygen) (Puolakka 2009, 659).

#### **5.4 Sairauden ennuste**

Potilaan ennusteeseen ensimmäisenä vaikuttava asia on kentällä aloitettu yhtäjaksoinen normaalipaineinen 100-prosenttinen happihoito. Puhutaan NNT (Number Needed to Treat) luvusta 6, millä viitataan siihen, että hoidettaessa 6:ta potilasta normaalilla happihoidolla kentällä, vältetään yhdeltä tai useammalta ylipainekammiohoidolta. (Jama 2013, 603.) Lisäksi, mitä nopeammin ylipainehappihoito saadaan alkamaan, sitä tehokkaampaa se on (Jama 2013, 603; Perttilä 2002, 2649; Thalmann 2004). Vastaavasti vakavien oireiden potilaat joutuvat hoidon viivästyessä uusintahoitoihin, ja hoidon tulokset huononevat (Kuokkanen 2002, 2771). Seurauksena voi olla pysyväksi jääviä oireita (Thalmann 2004).

Siitäkin huolimatta, että hoidon aloitus viivästyisi, ylipainehappihoito kannattaa aloittaa. Kokemuksen mukaan hoitotulokset ovat olleet joka tapauksessa varsin hyviä. (Sipinen 2005, 247.) Jopa parinkin vuorokauden jälkeen oireiden alusta on saatu hoitotuloksia.

Dekompressiotautia ja valtimokaasuemboliaa sairastavista 70 prosenttia toipuu hoidon jälkeen täysin tai lähes täysin oireettomiksi. 7 prosentille jää pysyviä oireita, mikä johtaa käytännössä sukelluskieltoon. (Jama 2013, 603.)

Tyypin 1 dekompressiotauti saadaan usein täysin oireettomaksi jo ensimmäisellä yli-painehappihoitokerralla. Tyypin 2 oireita saavat tarvitsevat yleensä enemmän hoitokertoja, joiden jälkeen potilas on lähes tai täysin oireeton. Potilaan ennusteeseen vaikuttaa suuressa määrin se, mikä on keuhko- ja selkäydinvaurion osuus ennen hoidon aloitusta. (Sipinen 2010, 441.) Hoitamattomana dekompressiotauti voi johtaa esimerkiksi pysyviin neurologisiin vaurioihin ja aseptiseen luunekroosiin (Kuokkanen 2002, 2772). Thalmann (2004) luettelee muita mahdollisia ongelmia, joita voivat olla luunhauraus, artriittiset nivelet, pysyväksi jäävät virtsarakon toimintahäiriö, seksuaalinen toimintahäiriö tai lihasheikkous. Pahimmillaan kuolema on aina mahdollinen, kuten on jo mainittu (Puolakka 2012, 292).

## **6 Sukellusonnettomuudet**

### **6.1 Valtimokaasuembolisaatio**

Kaasukuplia muodostuu harvoin valtimoverenkierrossa. Kun näin tapahtuu, on kyse valtimokaasuembolisaatiosta (AGE), mikä saa tavallisesti alkunsa keuhkojen repeämisessä. (Jama 2013, 600.) Periaatteessa jo 1–1,5 metrin syvyydestä pintautuminen voi aiheuttaa sairauden, mikäli keuhkojen tilavuus on nousun alussa ollut lähellä niiden kokonaiskapasiteettia (Vann ym. 2011, 153).

Sukeltajan pintautuminen tajuttomana viittaa repeämään keuhkoissa ja tästä aiheutuneeseen ilmaemboliaan (Sipinen 2010, 438). Ongelmana on se, että paineistettu kaasu jouuu keuhkolaskimoista sydämen vasempaan puoliskoon, mistä sillä on pääsy aivo- ja sepelvaltimoihin (Sipinen 2010, 438; McArdle ym. 1991, 587, 588). Vapautuneet kaasukuplat matkustavat suorassa suhteessa sinne, missä verenvirtaus on suurimmillaan. Koska aivot saavat suurimman osan veren virtauksesta, kuplilla on taipumus juuttua juuri pieniin aivovaltimoihin. (Thalmann 2004.)

Keuhkojen repeämä syntyy esimerkiksi silloin, kun sukeltaja pidättää jostain syystä hengitystään pintaan nousun yhteydessä keuhkoissa olevan kaasun laajetessa (Jama 2013, 600; McArdle ym. 1991, 581, 587; Thalmann 2004). Tällaisia tilanteita voivat olla muun muassa tajuttoman tai kouristavan sukeltajan hätänosto, vaistomainen nopea pintaan nousu, tai keuhkojen ilmasalpaus johtuen obstruktiosta. Kaasut purkautuvat monesti systeemiverenkiertoon, mikä johtaa usein kuolemaan. (Jama 2013, 600.)

Valtimokaasuembolioissa oireet alkavat välittömästi pintaan nousun jälkeen, monesti jopa ennen sitä. Potilaalla tavataan voimakasta hengenahdistusta ja -vaikeutta, tajunnan häiriöitä, rintakipua sekä hemodynamiikan vajautta. Viimeisenä oireena on usein sydänpysähdys. (Jama 2013, 600.) Ensilöydöksenä havaittu tai kymmenen minuutin sisällä pintaautumisesta alkava tajuttomuus kuuluu vakavimpaan tilaan (Thalmann 2004). Mikäli keuhkojen repeäminen on lievempi, löydöksenä voi olla ilmarinta, pneumomediastinum, eli ilman purkautuminen rintaonteloon, tai subkutaaniemfyseema eli ilman purkautuminen ihon alle. Ensihoidossa näitä tilanteita voi olla vaikea erottaa toisistaan. (Jama 2013, 600.)

Valtimokaasuembolioiden taustalla voi olla synnynnäisiä sydänvikoja, kuten pysyvästi avoin foramen ovale, joka löytyy jopa lähes kolmasosalta ihmisistä. Kaikki syyt eivät liity sukellussairauteen, vaan esimerkiksi i.v.-portin kautta päässyt suuri ilmamäärä voi siirtyä oikovirtauksen kautta systeemiverenkiertoon ja aiheuttaa samanlaisia oireita. (Jama 2013, 600–601.) Valtimokaasuembolisaation ensihoito noudattelee samoja periaatteita kuin dekompressiotaudissa. Kaikki potilaat on saatava ylipainehappihoitoon. (Jama 2013, 602; Thalmann 2004.)

Valtimokaasuembolisaatiotapaukset ovat vähentyneet 80-luvulta 2000-luvulle tultaessa, mihin on arveltu syyksi nousunopeudesta ilmoittavien sukellustietokoneiden ilmaantumisesta. Keuhkorepeämän ennaltaehkäisyyn kuuluu rauhallinen ja normaali hengitys sukelluksen nousun aikana. Sairaudentilat keuhkoissa, kuten astma, infektiot, kystat, kasvaimet, arpikudos tai keuhkoja ahtaava sairaus voivat altistaa ilmaembolialle, ja ne vaativat siksi sukelluslääketieteeseen erikoistuneen lääkärin arviota. (Thalmann 2004.)

## 6.2 Hukkuminen

Hukkumiskuolemia on Suomessa 150–200 vuosittain (Puolakka 2012, 291). Maailmanlaajuisesti vastaava luku on 500 000 (Jama 2013, 592). Kuolemat ovat huomattavasti yleisempiä miehillä (Jama 2013, 592; Puolakka 2012, 291). Jaman (2013, 592) mukaan 80–90 prosenttia kuolleista onkin miehiä. Lisäksi alkoholi on yhteydessä hukkumisiin (Jama 2013, 592; Puolakka 2012, 291). Se on nuoruusiästä alkaen merkittävin riskitekijä (Puolakka 2012, 291). Noin 60 % hukkuneista on nauttinut alkoholia (Jama 2013, 592). Alkoholin lisäksi muilla päihteillä ja lääkkeillä on yhteys hukkumisiin. Lääkkeet liittyvät joskus itsemurhiin. Myös sairaskohtaus voi olla taustalla. Tällöin kyse on yleisimmin vedessä alkaneesta kouristuskohdauksesta tai sydän- tai aivotapahtumasta. (Puolakka 2012, 291.) Kylmässä vedessä on esimerkiksi suurentunut riski saada vakaviakin rytmihäiriöitä (Jama 2013, 594).

Kuolemaan johtavissa sukellusonnettomuuksissa hukkuminen on dekompressiotautia yleisempää (Puolakka 2012, 292). Se käsittää 64 % kuolemaan johtavista onnettomuuksista laitesukeltajilla<sup>16</sup>. Hukkumisesta puhutaan silloin, kun tukehtuminen tapahtuu nestemäiseen väliaineeseen, yleensä veteen. (Jama 2013, 599, 592.) Hukkuminen ei käsitteenä nykyisin edellytä kuolemaa<sup>17</sup> (Jama 2013, 592; Puolakka 2012, 291). Hukkunut voi siis palautua täysin tai osittain toimintakykyiseksi (Jama 2013, 592). Termi ”hukkuksiin joutuminen” on vanhentunut (Jama 2013, 592). Aiemmin sitä käytettiin viittaamaan siihen, että henkilö säilyy hengissä vähintään 24 tuntia tapahtumasta (Puolakka 2009, 652).

Yleensä veden alle joutunut ihminen saa pidätettyä hengitystään yhdestä kahteen minuuttiin. Ellei tuossa ajassa ole päästy pintaan, seuraa paniikki ja ei-tahdonalainen hengitysmekanismi, jolloin vettä vedetään sisään. Hapenpuutteesta seuraa solujen aerobisen aineenvaihdunnan lakkaaminen 2–5 minuutissa. (Puolakka 2012, 292.) Hermosolut ovat kaikkein herkimpiä iskemialle, sillä ne eivät kestä sitä yli neljää minuuttia (Jama 2013, 592). Alkavan anaerobisen aineenvaihdunnan seurauksena elimistö alkaa happamoitua (Jama 2013, 592; Puolakka 2012, 292). Tämä johtuu syntyvästä maitohaposta (Puolakka 2012, 292).

<sup>16</sup> Diver’s Alert Networkin tilaston mukaan.

<sup>17</sup> Englannin kielessä käytetään termejä *fatal drowning* viitaten menehtymiseen ja *nonfatal drowning* viitaten selviytymiseen (Jama 2013, 592).

Happamoitumista lisää entisestään elimistöön kertyvä hiilidioksidi, koska sitä ei päästä hengittämään ulos (Jama 2013, 593; Puolakka ym. 2013, 292). Seurauksena on aivoturvotus ja kallon sisäisen paineen kohoaminen (Puolakka 2012, 293). Hukkuneen sydän alkaa lyödä yhä harvemmin, ja rytmihäiriöitä voi esiintyä. Sydän pysähtyy anoksian seurauksena noin 4–5 minuutissa. (Puolakka 2012, 292.) Alkurytmänä on yleisimmin asystole tai pulssiton rytmi (Jama 2013, 593). Potilaan lopullinen ennuste on kriittisesti riippuvainen hapenpuutteen aiheuttamasta aivovauriosta (Puolakka 2012, 292).

Primaari hypotermia lisää hukkuneen ennustetta. Sekundaarisella hypotermialla ei ole osoitettu vastaavaa myönteistä vaikutusta. (Jama 2013, 593; Puolakka 2012, 292.) Primaarilla hypotermialla tarkoitetaan sitä, että elimistö jäähtyy ennen sydänpysähdystä (Jama 2013, 593). Ratkaisevaa on nopea kehon jäähtyminen, mikä toteutuu käytännössä vain jääkylmässä vedessä, eli alle 10 celsiuksessa (Puolakka 2012, 292). Eläinkokeissa on havaittu, että suojaava vaikutus aivoihin saadaan, kun kehon ydinlämpö laskee 7 celsiusta 10 minuutissa (Jama 2013, 593).

Elottoman, kovalle alustalle saadun hukkuneen ensihoito aloitetaan peruselvytyksellä, joka alkaa viidellä alkupuhalluksella. Ventilaatioon liitetään 100-prosenttinen happilisa ja potilaan lähtörytmi selvitetään. Kammiovärinäpotilas hoidetaan normaalin protokollan mukaisesti. (Jama 2013, 595–596; Puolakka 2012, 294.) Jos potilas on ollut pitkään veden alla, voidaan harkita natriumbikarbonaattia. Aikuisella annos on 100 ml kerrallaan, kun käytetään 7,5-prosenttista liuosta. Viimeistään spontaanin verenkierron palautumisen jälkeen asetetaan potilaalle nenä-mahaletku. (Jama 2013, 596.) Elvytystä ei aloiteta, mikäli normaalilämpöinen aikuinen on ollut hukuksissa yli puoli tuntia tai lapsi yli tunnin (Puolakka 2012, 295). Elvytyksen lopettamisen raja on puoli tuntia, edellyttäen, että sydän ei viittaa käynnistymiseen. Mikäli on viitteitä primaarista hypotermiasta, voidaan elvytystä kuitenkin jatkaa. (Jama 2013, 596.)

### **6.3 Muita sukellusonnettomuuksia**

Sukellusonnettomuudella viitataan yleensä siihen, kun laitesukeltajalle tapahtuu veden alla jotain yllättävää. Ammattisukeltajien onnettomuudet ovat verrattain harvinaisia, mutta harrastesukeltajilla on osoitettavissa selvä yhteys onnettomuuden ja puutteellisten

varusteiden ja osaamattomuuden kesken. (Puolakka 2012, 291.) 75–80 % onnettomuuksista on selitettävissä inhimillisillä tekijöillä. Tällaisia ovat esimerkiksi koulutukseen nähden liian vaativa sukellus ja turvamääräysten laiminlyöminen. (Jama 2013, 599.)

Muita onnettomuuden yhteydessä olevia tekijöitä ovat muiden muassa ilman loppuminen, luolassa eksyminen ja keskikorvan paineentasaushäiriöstä aiheutuva huimaus. Nämä voivat johtaa paniikkiin, vajoamiseen ja takertumiseen veden pohjan eri esteisiin. (Puolakka 2009, 653.) Harvemmin ongelmana on hengityskaasun epäpuhtaus (CO, CO<sub>2</sub>) tai soveltumattomuus vaadittavaan sukellukseen esimerkiksi hapen osapaineen ollessa liian korkea tai matala. Monet muut syyt selittyvät sairaskohtauksilla sekä laitteiden vioilla ja toimintahäiriöillä. (Jama 2013, 599.)

Onnettomuuksista osa liittyy sukeltajaa ympäröivän paineen muutokseen, josta seuraa elimistön onteloiden kaasun tilavuuden muutoksia (Kuokkanen 2002, 2770; McArdle ym. 1991, 587–588). Kehossa olevien ilmaonteloiden on sopeuduttava, niin että kun ulkoinen paine suurenee, kaasu pääsee sisälle onteloihin ja kun paine pienenee, kaasun on päästävä onteloista pois (Medioxygen Oy 2014). Puhutaan sukellukseen liittyvistä painevammoista (Kuokkanen 2002, 2770; McArdle ym. 1991, 587–588; Medioxygen Oy 2014). Ne tapahtuvat, kun sukeltaja ei syystä tai toisesta kykene tasaamaan ulkoisen ja kehon sisäisen paineen eroa. Tästä ovat esimerkkinä jo mainitut valtimokaasuemboliaatio, joka aiheutuu keuhkojen painevauriosta (repeytyminen), ilmarinta sekä subkutaaniemfyseema. (McArdle ym. 1991, 587–588; Medioxygen Oy 2014.) Ilmarinta syntyy laajenevista ilmataskuista keuhkoissa, jotka lopulta rikkovat pleuran eli keuhkopussin (McArdle ym. 1991, 587–588).

Muita mahdollisia painevammojen seurauksia ovat korvatorven tukkeutumisesta (painetta ei päästä tasaamaan) aiheutuva keskikorvan verenvuoto tai tärykalvon repeytyminen sekä nenän sivuonteloiden kipu ja verenvuoto johtuen niiden aukon tukkeutumisesta. (McArdle ym. 1991, 587–588; Medioxygen Oy 2014.) Viimeksi mainitussa voi olla kyse esimerkiksi limakalvotulehduksesta tai anatomisesta rakenteesta johtuvasta ahtaudesta (Medioxygen Oy 2014)

## **7 Opinnäytetyön tarkoitus ja tehtävä**

Opinnäytetyömme tarkoitus on edistää pelastus- ja hoitoalan tietämystä sukellusonnettomuuksista keskittyen pääasiassa dekompressiotautiin. Kohdejoukko käsittää myös työkseen laitesukelluksen kanssa tekemisissä olevia. Opinnäytetyömme tehtävä on tuottaa dekompressiotaudin ja sukellusonnettomuuksien ensihoito-opas Pohjois-Karjalan pelastuslaitokselle.

## **8 Opinnäytetyön toteutus**

### **8.1 Toiminnallinen opinnäytetyö**

Opinnäytetyö on ammattikorkeakoulussa suoritettavien opintojen laajin kokonaisuus (Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöryhmä 2013). Opinnäytetyön yleisenä tavoitteena on kehittää ja osoittaa opiskelijan valmiuksia tietojen soveltamisessa työelämässä. Tällaisia tietoja ja taitoja ovat esimerkiksi valmius ammatillisen osaamisen syventämiseen, suullinen ja kirjallinen viestintätaito, tietotekninen osaaminen, uudenlaisten työtapojen oppiminen ja eettinen osaaminen. Ammattikorkeakoulussa opinnäytetyön luonne on vahvasti käytännöllinen ja työelämään tiiviisti yhdistyvä. Tulokset ovat luonteeltaan välittömästi hyödynnettävissä. (Niemi, Nietosvuori & Virikko 2006, 215.) Lisäksi opinnäytetyön tulee olla tutkimuksellisella asenteella kirjoitettu ja sellainen, että se osoittaa riittävästi alan tietojen taitojen hallintaa (Vilka & Airaksinen 2003, 10).

Ammattikorkeakoulussa tutkimukselliselle opinnäytetyölle on vaihtoehto: toiminnallinen opinnäytetyö, josta meidän työssämme on kysymys. Tavoitteena siinä on käytännön toiminnan ohjeistaminen, opastaminen tai toiminnan järjestäminen tai järjeistaminen. Toiminnallisen opinnäytetyön ollessa kyseessä on lopputuloksena aina konkreettinen tuote. (Vilka ja Airaksinen 2003, 9-10, 51.) Hyvinvointialalla tällainen työ voi olla esimerkiksi kuntoutusopas, asiakasesite tai asiakaspalautejärjestelmän kehittäminen (Niemi ym. 2006, 215). Vilka & Airaksinen (2003, 9) luettelevat myös muita toteutustapoja, joita ovat esimerkiksi kirja, vihko, kotisivut tai tapahtuma kuten näyttely. Meidän työssämme päädyimme valitsemaan ensihoito-oppaan. Toiminnallisessa opinnäyte-



työssä on lisäksi suositeltavaa löytää toimeksiantaja, joka työssämme on Pohjois-Karjalan pelastuslaitos. Tämä opettaa vastuunottoon ja kehittää projektinhallintaa, jolle on ominaista täsmällisen suunnitelman laatiminen, toimintaehdot ja -tavoitteet, aikataulut sekä tiimityö. (Vilkkä & Airaksinen 2003, 16–17.) Toimeksiantajan valintaan päädyttäessä tulee tehdä toimeksiantosopimus, jossa ovat osapuolina toimeksiantaja ja opiskelija (Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöryhmä 2013).

Opinnäytetyö on usein jaettavissa kolmeen eri vaiheeseen, jotka ovat käynnistysvaihe, työskentelyvaihe ja viimeistelyvaihe. Ne voivat olla tapauksesta riippuen myös päällekkäisiä. Ennen käynnistysvaihetta etsitään työlle idea. (Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöryhmä 2013.) Ideointia nimitetään aiheanalyysiksi. Tärkeä kysymys siinä on työn kohderyhmä ja sen mahdollinen rajaaminen. Sitä voidaan hyödyntää, kun työtä arvioidaan: kohderyhmältä voidaan pyytää palautetta, siinä vaiheessa kun työ on valmis. (Vilkkä & Airaksinen 2003, 23, 28, 40.)

Käynnistysvaiheeseen kuuluu olennaisesti aiheen hyväksyminen ja suunnitelman laatiminen (Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöryhmä 2013). Vilkkä ja Airaksinen (2003, 26) puhuvat toimintasuunnitelman merkityksestä: se tehdään siksi, että ”opinnäytetyön idean ja tavoitteiden tulee olla tiedostettuja, harkittuja ja perusteltuja”. He kirjoittavat, että toimintasuunnitelmassa on pääasiassa kyse selventää tekijälleen, mitä hän on tekemässä. Toiseksi se osoittaa, Vilkkä ja Airaksinen (2003, 26–27) jatkavat, johdonmukaista päättelyä valitussa ideassa ja tavoitteissa, ja kolmanneksi suunnitelma on lupaus tulevasta työskentelystä. Työn tietoperusta ja teoreettinen viitekehys puolestaan ohjaavat muun muassa työn rajausta, siinä tehtyjä valintoja ja niiden perusteluja (Vilkkä & Airaksinen 2003, 42–43).

Työskentelyvaihe on varattu työn varsinaiseen toteutukseen, mihin sisältyy myös vertaisarvioitu seminaari. Viimeistelyvaiheessa valmis työ luovutetaan tarkastajille ja tehdään kypsyysnäyte. Lopulta työ arkistoidaan ja julkaistaan. (Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöryhmä 2013.)

## 8.2 Alkukartoitus ja toimintaympäristö

Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksella työskentelee noin 780 henkeä. Sen ydintehtävät ovat onnettomuuksien ehkäisy, pelastustoiminta, varautuminen, ensihoitopalvelut sekä tukipalvelut. Kyseiset palvelut tuotetaan 26 eri paloasemalta, ja sen vuosittaiset toimitamenot ylittävät 22 miljoonaa euroa. Hälytystehtäviä sille kertyy vuodessa 42 600. (Pohjois-Karjalan pelastuslaitos 2014.)

Pelastustoiminta koostuu useista hälytystehtävistä, kuten tulipaloista, pelastustehtävistä, kemikaalivahingoista, tieliikenneonnettomuuksista sekä vahingontorjuntatehtävistä. Pelastustoiminnassa työskentelevä henkilökunta muodostuu useista erikoisalan ammattilaisista, kuten pelastajista, ensihoitoon suuntautuneista lähihoitajista, sairaanhoitajista sekä ensihoitajista. (Pohjois-Karjalan pelastuslaitos 2014.)

Pohjois-Karjalan pelastuslaitos järjestää yhdessä kuntayhtymän (PKSSK) kanssa alueella toimivan ensihoitopalvelun. Pelastuslaitos vastaa ensihoidon palvelujen tuottamisesta kokonaisuutena. Alueella ensihoitopalvelua tuotetaan 23 ambulanssin ja 30 ensivasteyksikön vahvuudella. Sille kertyy vuoden aikana noin 40 000 ensihoitoa vaativaa tehtävää. Kiireellisissä ensihoidon tehtävissä potilas kyetään tavoittamaan keskimääräisesti 10 minuuttia hälytyksestä. (Pohjois-Karjalan pelastuslaitos 2014.)

## 8.3 Toiminnan eteneminen ja työskentelyn kuvaus

Työskentelymme kuvaus ja eteneminen pohjautuu opinnäytetyömme aikana opinnäytetyöpäiväkirjaan tehtyihin muistiinpanoihin. Opinnäytetyöpäiväkirja tarkoittaa koko opinnäytetyön prosessia kuvaavaa dokumenttia, jossa on informaatiota sanallisessa tai kuvallisessa muodossa. Se on tarkoitettu muistin apuvälineeksi, että opinnäytetyön aikana tehdyt ratkaisut olisivat nähtävissä pitkänkin ajan kuluttua. Se sisältää esimerkiksi pohdintoja jo ideointivaiheesta, lähdeostosten tiedot sekä mahdollisesti tekstipätkiä niistä. Se voi sisältää myös työhön liittyviä sähköpostikeskusteluja. (Vilka & Airaksinen 2003, 19–22.)

Opinnäytetyöprosessi alkoi ensimmäisestä opinnäytetyön infosta. Työn aiheen tuli olla tekijälleen kiinnostava sekä mielellään käytäntöön hyödynnettävissä oleva. Sopivaksi

katsomamme idea löytyi, kun yhdistimme kiinnostuksen alueemme hengityselimistön fysiologiasta ja toisaalta ensihoidosta. Iloksemme saimme huomata, ettei aiheestamme oltu tehty aikaisemmin opinnäytetöitä ammattikorkeakoulutasolla. Seuraavaksi oli vuorossa aineiston keruu. Kirjallisuutta oli tarjolla kattavasti: sekä suomen- että englanninkielistä. Monet englanninkieliset lähteet olivat valitettavasti liian vanhoja ja siksi epäluotettavia. Tehtävämme oli saada aiheelle vahva hoitotyön näkökulma. Luontevin ratkaisu oli tehdä toiminnallinen opinnäytetyö, johon liittyi kirjallisen raportointiosuuden lisäksi ensihoito-oppaan laatiminen dekompressiotaudista ja sukellusonnettomuuksista. Hoitotyön näkökulma vahvistui, kun päätimme oppaan pääasialliseksi kohdejoukoksi hoitotyön kanssa tekemisissä olevat työntekijät.

Ideaa oppaasta lähdimme tarjoamaan useaan eri toimipisteeseen. Ensimmäisenä otimme yhteyttä Pohjois-Karjalan pelastuslaitokseen, koska tiesimme siellä olevan sukellustoimintaa. Otimme yhteyttä sähköpostitse Ilomantsin toimipisteessä työskentelevään palomestariin, joka vastaa sukellustoiminnasta Pohjois-Karjalan alueella. Hän päätyi suosittelemaan yhteydenottoamme Upinniemen varuskunnan sukeltajakouluun, koska pelastuslaitoksella ei hänen mukaansa ollut suurempaa tarvetta oppaalle.

Palomestarin ehdotusta seuraten otimme yhteyttä Merivoimien Sukeltajakouluun toivoen saavamme työhömmme lisää nostetta toimeksiannon onnistuessa. Esitimme tavoittamалlemme ylluutnantille, sukeltajakoulun kouluttajalle opasehdotuksemme, ja hän piti sitä hyvänä. Otimmekin hänen neuvostaan yhteyttä puolustusvoimien sukelluslääketieteen yksikköön, jossa työskentelee sairaanhoitaja ja lääkäri. Tavoittamamme sairaanhoitaja piti myös ideaamme hyvänä ja antoi käytännön vinkkejä laadittavan oppaan sisällöstä.

Sairaanhoitajan ohjeistamana otimme yhteyttä hallintoylihoitajaan, joka vastaa opinnäytetöistä ja niiden esityksistä esikuntaan. Olimme kerran puhelimitse yhteydessä, jossa hän vaikutti suhtautuvan negatiivisesti opinnäytetyötämme kohtaan. Pian tutkimuslupahakemuksen lähettämisen jälkeen hän ilmoitti sähköpostitse, että suunnitelmamme on riittämätön esikunnan esitystä varten. Hän totesi, että muun muassa lähteiden valmiusteiden vuoksi hän ei voinut valmistella esitystä opinnäytetyömme puolesta. Lisäksi viestissä mainittiin, että asiaa organisaatiosta selvitelleenä esittämämme viitekehys ja tutkimuksen kohdejoukon vuoksi hän ei voinut todennäköisesti puoltaa työtämme sel-

laisenaan. Emme täysin ymmärtäneet, mitä olisimme voineet muuttaa, jotta työmme olisi kelvannut. Negatiivinen päätös tuli meille yllätyksenä, sillä sukeltajakoulun kouluttaja sekä sukellustieteellisen yksikön sairaanhoitaja olivat asiasta kiinnostuneita ja näkivät oppaan tarpeellisena.

Tämän jälkeen jatkoimme työskentelyä ilman toimeksiantajaa kuitenkin tarkoituksena yhä laatia ensihoito-opas liittyen dekompressiotautiin ja muihin sukellusonnettomuuksiin. Opinnäytetyön pienryhmätapaamiset auttoivat meitä jatkamaan toiminnallista osuutta koskevista vaikeuksista huolimatta. Yhteiseen työskentelyyn tuli taukoa syyslukukauden ajaksi ulkomaan harjoittelun vuoksi, jossa toinen meistä oli. Tämä aika oli varattu itsenäiselle raportin kirjoittamiselle.

Helmikuussa laadimme oppaalle sisällön, mikä oli edellytys maaliskuun seminaariin osallistumiselle. Ajattelimme myös, että esivalmiin tuotoksen esittäminen toimeksiantajalle on hyvä idea; muutoksiin ja toivomuksien toteutukseen pystyi vaivattomasti jälkikäteenkin. Aikaa oppaan tekemiseen ei kulunut kauan, sillä olimme suunnitelleet sisällön opinnäytetyössä käytettyjen tietojen pohjalta. Ohjauduimme seuraavaksi Päijät-Hämeen pelastuslaitokseen. Ensimmäisiä kommentteja oppaasta saimme pelastuslaitoksen sukellustoiminnasta vastaavalta Lahden yksikössä toimivalta ruiskumestarilta. Lisäksi kyseisen pelastuslaitoksen ensihoitopäällikkö antoi oppaasta positiivista palautetta. Otimme myös yhteyttä Helsingissä toimivaan Medioxxygeniin, ylihäppipainehoidon ja sukelluslääketieteen erikoisklinikalle, josta saimme yhteyden lääketieteen tohtoriin, jolla on sukelluslääketieteen ja ylipainehappihoidon erityispätevyys. Hän arvioi oppaassa lähteenä käyttämäämme kaaviota ja totesi sen olevan edelleen hoitosuosituksen mukainen. Onnistuimme saamaan myös yhteyden Päijät-Hämeen sosiaali- ja terveysyhtymän ensihoitokeskuksen ensihoidon ylilääkäriin, joka totesi oppaan olevan pääosin pätevä.

Koska aikataulu alkoi käydä tiukaksi ja Lahden suunnalta oppaallemme asetettiin vaatimukseksi tarkemmin määrittelemätön ”checklist”-tyyppi, päätimme ottaa vielä yhteyttä Pohjois-Karjalan pelastuslaitokseen, tällä kertaa sen ensihoitopäällikköön ja tarjota hänelle esivalmista ensihoito-opastamme. Hän piti opasta hyödyllisenä ja kysyi mielipidettä siitä vielä ensihoidon kenttäjohtajilta. Heidän näytettyä ”vihreää valoa” saimme lopulta kauan kaipaamamme toimeksiannon. Oppaan tekijänoikeuksia hallinnoimme

itse, mutta päivitysoikeudet jäävät toimeksiantajalle. Sähköinen versio oppaasta jää toimeksiantajan intra-palveluun, josta työntekijät voivat sen saada ja voivat käyttää sitä opiskelumateriaalina. Ensimmäisistä oppaiden painamiskustannuksista vastaamme itse. Myöhemmin mahdolliset kustannukset ovat toimeksiantajan.

## 9 Dekompressiotaudin ja sukellusonnettomuuksien oppaan esittelyä

### 9.1 Oppaan laatiminen

Otamme hyvän oppaan laadinnassa huomioon ensinnäkin kirjoitetun kielen käytön. Oppaan pääasiallisena tekstilajina on asiatyyli. Sen lähtökohtana on hyvän yleiskielen hallinta. Yleiskielestä puhuttaessa viitataan selkeyteen, yksiselitteisyyteen, helppolukuisuuteen, mitä edistävät johdonmukainen jäsentely sekä selkeät virke- ja lauserakenteet. Sen perustana on lisäksi oikea kielioppi, vakiintuneet ja kaikille tunnetut ilmaukset ja yksinkertaisuuteen pyrkiminen. (Niemi ym. 2006, 109.) Oppaassa pyritään noudattamaan tätä mahdollisimman pitkälle, mutta joissakin kohtaa on käytettävä myös niin kutsuttua erikoiskieltä, mikä poikkeaa yleiskielestä. Erikoiskieli käsittää eri ammattien ja tieteen alojen puhutavan, jonka merkitys avautuu alalle koulutetuille (Niemi ym. 2006, 109). Oppaassa haluamme ottaa huomioon, että asiatyyli toteutuu. Oppaan tyyli ja tekstin sävy on suunnattu kohdejoukkoa ajatellen, mutta se sopii asiatyyllisen tekstin viitekehukseen. Taulukossa 3 on esitetty asiatyylin piirteitä.

Taulukko 3. Asiatyylin piirteitä Niemeä ym. (2006, 110) mukailten.

Asiatyyli	
<b>Ymmärrettävyys</b>	Sanasto on yleisesti tunnettua, neutraalia, täsmällistä ja yksitulkintaista. Termit ja käsitteet on selitetty.
<b>Selkeys</b>	Lause- ja virkerakenteet ovat yksinkertaisia. Kappalejako on selkeä.
<b>Kiinteys</b>	Tekstin sisäiset viittaussuhteet ovat selkeät ja tarkkarajaiset, jolloin tekstin asiat liittyvät loogisesti toisiinsa.
<b>Havainnollisuus</b>	Tekstissä käytetään esimerkkejä, vertauksia ja vastakohtia.
<b>Tiiveys</b>	Tekstissä ei ole tarpeetonta rönsyilyä, jaarittelua tai toistoa
<b>Oikeakielisyys</b>	Teksti noudattaa kielioppi- ja oikeakielisyysääntöjä.
<b>Luettavuus</b>	Teksti on helppolukuista. Sillä on selkeä rakenne, sanavalinnat ovat aiheeseen sopivia, tekstillä on siisti ulkoasu.

Myös muita seikkoja liittyy hyvän oppaan laatimiseen. Esimerkiksi kansilehden jälkeen oleva sisällysluettelo helpottaa käyttöä (Vilkkä & Airaksinen 2006, 130). Torkkola, Heikkinen ja Tiainen (2002, 53) painottavat potilasoppaasta puhuessaan tekstien ja kuvien asettelua. Kun kuva on valittu oikein, se toimii tekstin täydentäjänä ja herättää lukijassaan mielenkiinnon. Tekstiä ei tule olla liikaa, mikä tukee ohjeen ymmärrettävyyttä. (Torkkola ym. 2002, 40, 55.) Oppaan käsitteiden tulisi olla helppoja ja ymmärrettäviä. Kappalejaoilla ilmaistaan tekstissä olevan asian päättymisen. Selkeät kappalejaot parantavat myös hahmottamista. Lyhyissä lauseissa on pitkiin lauseisiin verrattuna se etu, että ne kiinnostävät paremmin lukijan huomion sanottavaan asiaan. (Parkkunen, Vertio & Koskinen-Ollonqvist 2001, 13–16.)

Terveysten edistämisen keskus on laatinut hyvän terveysaineiston laatukriteerit (Parkkunen ym. 2001, 10). Niitä voi soveltaa rajatussa määrin myös oppaaseen, joka tulee ammattilaisille. Seuraavassa on kuvattu lyhyesti näitä laatukriteerejä, jotka ovat sovellettavissa laadittavaan oppaaseen. Sisällön osalta tulee olla konkreettinen terveystavoite. Lisäksi vaaditaan sopivaa, oikeaa ja virheetöntä tietoa. Kieliasun vaatimus on helppolukuisuus. Ulkoasussa vaatimuksena on, että sisältö on selkeästi esillä ja helposti hahmotettava, sekä kuvituksen tulee tukea tekstiä. Kokonaisuus-kriteeriin sisältyy muun muassa se, että oppaan kohderyhmä on selkeästi määritelty. (Parkkunen ym. 2001, 10.)

## 9.2 Oppaan toteutus

Oppaamme dekompressiotaudin ja sukellusonnettomuuksien ensihoidosta noudattaa yllä lueteltuja periaatteita. Opas koostuu yhdestä lehdestä ja sen kääntöpuolesta. Tällä on pyritty ytimekkääseen esitykseen. Kielenkäyttö on mahdollisimman selkeää ja yksiselitteistä. Oppaamme on ulkoasultaan seesteinen ja helposti katseella ”haltuun otettava”. Käytämme punaista väriä Pohjois-Karjala -teemaan liittyen. Toimeksiantajan logo on taustalla nähtävissä kuitenkin niin, ettei se häiritse itse oppaan luettavuutta. Paperikoossa (A5) on pyritty käytännöllisyyteen, kuitenkin tekstin antamatta mennä liian pieneksi. Selkeä toimintakaavio esittää monisyisen pohjatekstin helposti seurattavassa muodossa.

Oppaan visuaalisesta toteutuksesta vastasi ohjeiden mukaisesti eräs graafinen suunnittelija. Painoversiossa käytämme laminaattia, jotta oppaalla olisi pitkä käyttöikä. Opasta

on hieman muokattu siitä saadun palautteen perusteella. Suurin osa tällaisista muutoksista koski graafista asettelua ja visuaalista ilmettä; esimerkiksi teksti alkoi joissain paikoin eri tasolta kuin loput tekstistä. Päijät-Hämeen pelastuslaitoksen pelastussukeltajan palautteen perusteella muokkasimme etusivun dekompressiotaudin esittelytekstiä tarkemmaksi parilla täsmentävällä sanalla.

## **10 Pohdinta**

### **10.1 Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys**

Toteutamme opinnäytetyössämme tutkivan kirjoittamisen tapaa, jota kutsutaan myös tieteelliseksi kirjoittamiseksi. Siihen sisältyy lähteiden oikea ja kriittinen käyttö, tietoperustaan liittyvien termien ja käsitteiden hallinta, hyvä argumentaatio, alan ammattikielen hallitseminen, tekstin asiatyylisyys ja täsmällisyys sekä hyvän yleiskielen osaaminen. Tyyli on tällöin neutraalia ja asiakeskeistä. Neutraalius viittaa mahdollisimman objektiiviseen ja johdonmukaiseen tekstiin. Asiakeskeisyys on keskittymistä käsiteltävään asiaan, järjestelmällisyyttä ja tekstin selkeää etenemistä. Tietolähteiden valinnassa on kiinnitettävä huomiota ensisijassa lähteen ikään, alkuperäisyyteen ja luotettavuuteen, mikä näkyy esimerkiksi teoksen käyttämien alkuperäisten lähteiden oikeassa merkitsemisessä. Myös lähteen saama arvostus on otettava huomioon. (Niemi ym. 2006, 216–218.)

Opinnäytetyön luotettavuutta käsittelevässä osuudessaan Vilka ja Airaksinen (2003, 72–73) painottavat myös lähdekritiikin välttämättömyyttä. Silloin huomiota on kiinnitettävä muun muassa lähteen tuoreuteen, laatuun, tunnettuuteen ja uskottavuuden asteeseen. Eri teosten lähdeviitteissä ja -luetteloissa toistuvat saman tekijän nimet lisäävät todennäköisyyttä hänen auktoriteetissaan. Ensisijaisia julkaisuja tulee suosia, koska toissijaisissa lähteissä muodostuu suurempi tulkinnan aste ja näin alkuperäisen asian muuntuminen on todennäköisempää. Vilka ja Airaksinen (2003, 72) sisällyttävät lähdekritiikkiin kuuluvaksi myös uskottavuusasteen.

Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöryhmä (2013) toteaa: ”Ollakseen korkeasteen tutkintosuoritus, opinnäytetyön tulee nojautua teoreettisesti pitävään tietoperus-

taan.” Omassa työssämme olemme kiinnittäneet tähän ja edellä mainittuihin asioihin huomiota useasta näkökulmasta. Työssämme luotettavuutta ja uskottavuutta lisää ensinnäkin se, että käytämme teoriatiedossa nimekkäiden ja laajalti alalla tunnettujen henkilöiden kirjoittamia lähde- ja lähteitä. Esimerkiksi laajasti toistuva nimi eri julkaisujen lähdeviitteissä koskien työmme viitekehystä on lääkäri Seppo Sipinen, joka on sukellus- ja ylipainelääketieteen dosentti Turun yliopistossa (Sipinen 2010, 442). Lisäksi käytämme pääasiassa mahdollisimman tuoreita lähteitä. Englanninkielisten lähteiden käännös- luotettavuutta lisää käyttämämme MOT-sanakirja.

Tuoreita lähteitä käyttäessämme huomasimme, kuinka nopeasti monet asiat muuttuvat. Esimerkiksi vielä vuonna 2009 puhuttiin termistä ”hukuksiin joutuminen”, mutta vuoden 2013 lähde ilmoitti sen olevan terminä vanhentunut.<sup>18</sup> Silloin, kun käytössä on vanhempi lähde, kuten McArdlen ym. (1991) teos, käytämme sitä harkiten ja perustellen. Kyseiseen teokseen on viitattu työssämme ainoastaan silloin, kun sen tieto tukee jotain uudempaa lähde- ja lähteistä ja toisaalta silloin, kun sen tieto on ilmeisellä tavalla vanhentumatonta ja hyödynnettävissä olevaa (kuten jotkut elimistön fysiologiset lainalaisuudet). Hoitotieteilijöiden Nancy Roperin, Winifred Loganin ja Alison Tierneyn laajasti tunnettu teos ”Hoitotyön perusteet” (1992) on otettu mukaan, koska sen esittämään elämisen malliin viitataan kauttaaltaan tuoreessakin kirjallisuudessa.

Kysymyksiä voi myös herättää käyttämämme lähde Sukeltajaliitto ry. Sen käyttöä perustelemme liiton asiantuntijuudella: se on vuonna 1956 perustettu noin 200 sukellusseuran kattojärjestö; se kouluttaa sukelluksen ohjaajia ja kouluttajia sekä tarjoaa koulutusmateriaalia ja asiantuntijatietoa median ja muun yhteiskunnan käyttöön (Sukellusliitto ry 2014). Samoin lähteemme Medioxxygen Oy on perusteltavissa: se on ”ylipainehappihoidon ja sukelluslääketieteen erikoisklinikka”, jonka ”henkilökuntaan kuuluu useita ylipainehappihoidon ammattilaisia” (Medioxxygen Oy 2014).

Oppaamme luotettavuutta lisää sen hyväksyttäminen toimeksiantajan ensihoidon vastuulääkärillä. Tätä ennen positiivista palautetta oppaasta tuli Päijät-Hämeen pelastuslaitoksen Lahden yksikön sukellustoiminnasta vastaavalta ruiskumestarilta sekä ensihoidon päälliköltä. Myös edellä mainitun laitoksen pelastussukeltajana toiminut henkilö kävi läpi esivalmiin työmme ja kehuu sen ytimekkyyttä ja luotettavuutta. Toimeksiantajan

<sup>18</sup> Ensimmäinen mainittu teos on koskee viitettä (Puolakka 2009, 652) ja toinen viitettä (Jama 2013, 592).



kanssa työskentelymme oli avointa ja rehellistä: pysyimme tehdyissä sopimuksissa, emmekä muuttelleet mitään ilman heidän tietoaan.

Sitoudumme työssämme tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeeseen hyvästä tieteellisestä käytännöstä, johon on myös sitoutunut Karelia-ammattikorkeakoulumme (Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöryhmä 2013). Ohjeessa luetellaan hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluvan muun muassa se, että ”tutkimuksessa noudatetaan tiedeyhteisön tunnustamia toimintatapoja eli rehellisyyttä, yleistä huolellisuutta ja tarkkuutta tutkimustyössä, tulosten tallentamisessa ja esittämisessä sekä tutkimusten ja niiden tulosten arvioinnissa” (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012).

Hyvän tieteellisen käytännön loukkauksiin kuuluu esimerkiksi vilppi tieteellisessä toiminnassa. Tutkimuseettinen neuvottelukunta jatkaa ja toteaa, että osana vilppiin kuuluu plagiointi, joka voidaan määritellä luvattomaksi lainaamiseksi. Siinä esitetään omana esimerkiksi toisen tutkijan tekstiä riippumatta siitä, onko kopiointi suoraa vai mukailtua. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012.) Vilkka ja Airaksinen (2003, 78) ilmaisevat plagiointiin kuuluvan epäselvät ja puutteelliset viittaukset. Omassa työssämme vältämme plagiointia olemalla huolellisia täydellisten ja oikeiden lähdeviittausten merkitsemisessä jokaisessa kohdin, kun jotain lähdeosteista on käytetty. Aina kun olemme käyttäneet lainausta, siitä ovat asiaankuuluvat tekstimerkinnot. Silloin, kun käytämme sekundaari-lähteitä (koskien muutamia Diver’s Alert Networkin tilastoja), tämä tulee ilmi tekstistä, eikä siten synny väärää vaikutelmaa ensisijaisen lähdeoksen tosiasiallisesta sisällöstä.

## **10.2 Opinnäytetyön hyödynnettävyys ja jatkokehitysideoita**

Uskomme, että oppaallamme on suuri ”hyödynnettävyysaste”. Se tarjoaa tiedon dekompressiotaudin ja sukellusonnettomuuksien hoidosta tiivistetyssä muodossa niitä tarvitseville ja houkuttelee kiireisenkin työntekijän tutustumaan sen sisältöön. Jatkokehitysideana muille opinnäytetöille voisi olla esimerkiksi ylipainehappihoidon toteutukseen keskittyvä opas. Meidän työemme ainoastaan sivusi asiaa, mikä oli työemme näkökulmasta toki perusteltua.

Vaikka dekompressiotauti on verrattain harvinainen ja jopa näkymätön puoli suurimmalle osalle hoitotyössä tavalla tai toisella mukana olevalle, työn aihetta voidaan pitää perusteltuna, mutta myös tärkeänä. Ensiksi, dekompressiotautia ei ole käsitelty ammatikorkeakoulutasolla opinnäytetöissä millään tavalla, joten oli aika tuoda esille työ, jossa asiaa on tarkasteltu huolellisesti. Itse asiassa sairauden harvinainen esiintyminen puoltaa sitä, että asianmukaista tietoa siitä on välitettävä lisää eteenpäin.

Toiseksi, taudin ollessa harvinainen yleisellä tasolla, se ei ole laitesukelluksen kanssa tekemisissä oleville lainkaan vieras. Heidän tietämyksensä aiheesta on, muiden sukellusonnettomuuksien ohella, elintärkeää. Parhaassa tapauksessa opinnäytetyö saisi olla osaltaan edistämässä tätä tietämystä. Toivommekin, että tietämys ja korkea halu oppia lisää saisi kasvaa niin pelastus- kuin hoitoalalla.

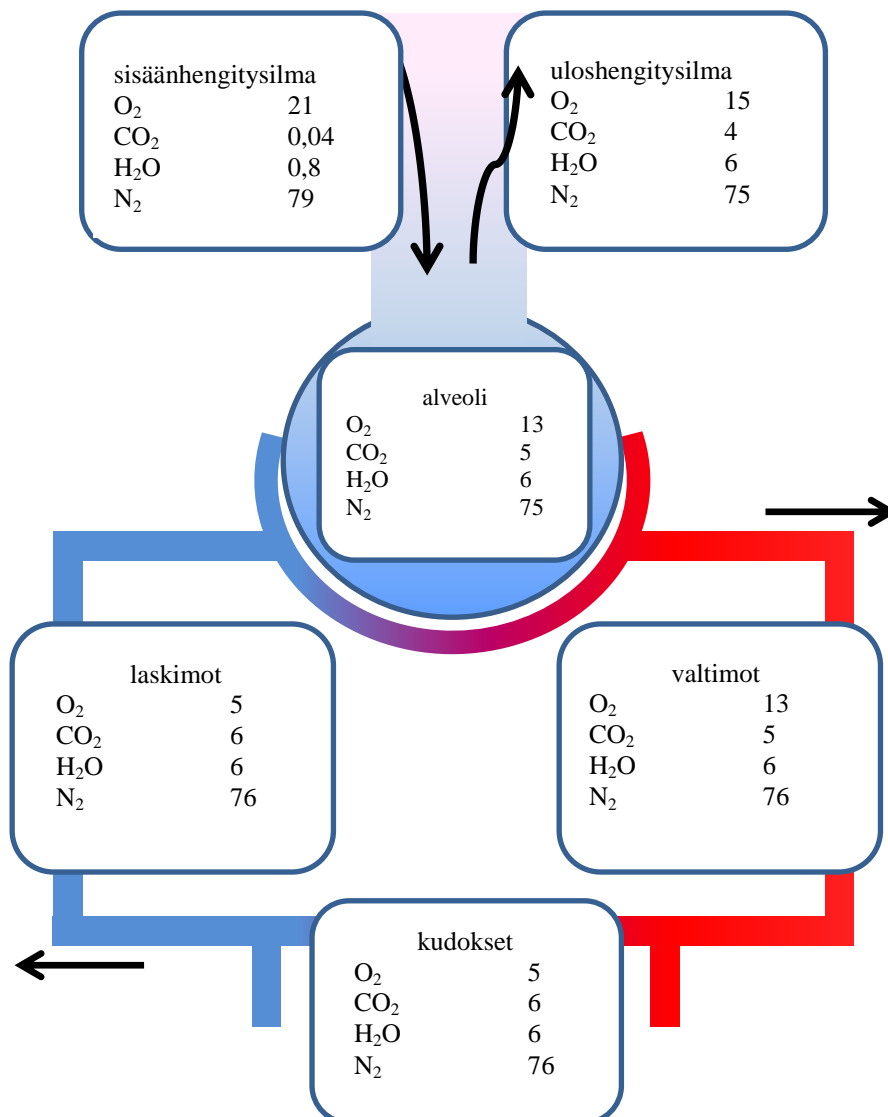
## Lähteet

- Bjälle, J. G., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Toverud, K. C. 2008. Ihminen - fysiologia ja anatomia. Helsinki: WSOY.
- Brander, P., Kinnula, V. & Tukiainen, P. 2005. Keuhkosairaudet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Hiltunen, E., Holmberg, P. & Kaikkonen, M. 2005. Galenos. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Jama, T. 2013. Sukellusonnettomuudet. Teoksessa Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J. (toim.), Porthan, K. & Taskinen, T. (toim.). Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro Oy, 598–603.
- Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöryhmä. 2013. Opinnäytetyöohje. Karelia-ammattikorkeakoulu.  
[https://intranet.pkamk.fi/koulutustoiminta/opinnaytetyo\\_asiakirjat/Karelia\\_Opinnaytetyon\\_ohje\\_2012\\_joulukuu.pdf](https://intranet.pkamk.fi/koulutustoiminta/opinnaytetyo_asiakirjat/Karelia_Opinnaytetyon_ohje_2012_joulukuu.pdf). 15.1.2014.
- Kuokkanen, J. 2002. Sukeltajataudin ja sukellusonnettomuuksien hoito. Suomen Lääkärilehti 57 (25–26), 2769–2772.
- Medioxygen Oy. 2014. Sukellustapaturmat. Medioxygen Oy.  
<http://www.medioxygen.fi/sukellustapaturmat>. 24.2.2014.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 1991. Exercise Physiology. Malvern: Lea & Febiger.
- Määttä, T. 2013. Ensihoitopalvelun organisointi. Teoksessa Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J., Porthan, K. & Taskinen, T. (toim.). Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro Oy, 14–30.
- Niemi, T., Nietosvuori, L. & Virikko, H. 2006. Hyvinvointialan viestintä. Helsinki: Edita Prima.
- Nienstedt, W., Kelloso, J., Pirttimaa, H., Kivelä, T., Haarala, R., Jansson, M., Kontula, K., Maamies, S., Saano, V., Sariola, H., Lyly, T. & Wahlberg, P. (toim.). 2007. Lääketieteen termit. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Parkkunen, N., Vertio, H. & Koskinen-Ollonqvist P. 2001. Terveysaineiston suunnittelun ja arvioinnin opas. Helsinki: Terveystieteen edistämisen keskus.
- Perttilä, J. 2002. Tehohoitopotilaan ylipainehappihoidon toteutus. Suomen Lääkärilehti 57 (24), 2649–2651.
- Pohjois-Karjalan pelastuslaitos. 2014. Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen esittely.  
<http://www.pkpelastuslaitos.fi/documents/564174/582150/Pohjois-Karjalan+pelastuslaitoksen+esittely/d47118a7-344f-48e2-813b-c832c2d1a688>. 6.3.2014.
- Puolakka, J. 2009. Hukkuminen. Teoksessa Castren, M., Kinnunen, A., Paakkonen, H., Pousi, J., Seppälä, J. & Väisänen, O. Ensihoidon perusteet. Helsinki: Pelastusopisto, Suomen punainen risti, 652–660.
- Puolakka, J. 2012. Hukkuminen. Teoksessa Castren, M., Helveranta, K., Kinnunen, A., Korte, H., Laurila, K., Paakkonen, H., Pousi, J., Pousi, J. & Väisänen, O. (toim.). Ensihoidon perusteet. Helsinki: Pelastusopisto, Suomen punainen risti, 291–296.
- Roper, N., Logan, W. & Tierney, A. 1992. Hoitotyön perusteet. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Silfvast, T. & Kinnunen, A. 2012. Ensihoitopalvelu. Teoksessa Castren, M., Helveranta, K., Kinnunen, A., Korte, H., Laurila, K., Paakkonen, H., Pousi, J., Pousi, J.

- & Väisänen, O. (toim.). Ensihoidon perusteet. Helsinki: Pelastusopisto, Suomen Punainen Risti, 14–17.
- Sipinen, S. 2005. Liikunta vedessä. Teoksessa Vuori, I., Taimela, S. & Kujala, U. (toim.). Liikuntalääketiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 244–250.
- Sipinen, S. 2010. Sukeltajantauti. Duodecim 126 (4), 435–442.
- Sovijärvi, A. & Salorinne, Y. 2012. Hengityselimistön fysiologiaa ja patofysiologiaa. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.). Kliinisen fysiologian perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 55–78.
- Sukeltajaliitto ry. 2009. Sukellus. Sukeltajaliitto ry.  
<https://www.sukeltaja.fi/content/fi/11501/67/67.html>. 1.2.2014.
- Thalmann, E. D. 2004. Decompression Illness: What is It and What Is The Treatment. Diver's alert network.  
[http://www.diversalertnetwork.org/medical/articles/Decompression\\_Illness\\_What\\_Is\\_It\\_and\\_What\\_Is\\_The\\_Treatment](http://www.diversalertnetwork.org/medical/articles/Decompression_Illness_What_Is_It_and_What_Is_The_Treatment). 1.2.2014.
- Torkkola, H., Heikkinen, H. & Tiainen, S. 2002. Potilasohjeet ymmärrettäväksi, opas potilasohjeiden tekijöille. Helsinki: Tammi.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa.  
[http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK\\_ohje\\_2012.pdf](http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf). 15.1.2014.
- Vann, R. D., Butler, F. K., Mitchell, S. J. & Moon, R. E. 2011. Decompression illness. Lancet 377 (9760), 153–164.
- Vilkka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi.

**Kuvio elimistön kaasujen vaihdunnasta keuhkoissa ja kudoksissa**

Kuvio 1. Elimistön kaasujen vaihdunta Sovijärveä ja Salorinnettä (2012, 55) mukaillen. Luvut kertovat kaasujen osapaineen (kPa).



## Opas pelastuslaitokselle



# Pohjois-Karjalan PELASTUSLAITOS

## Dekompressiotaudin ja sukellusonnettomuuksien ensihoito

### Dekompressiotauti

Dekompressiotauti, eli sukeltajantauti, on sairaus, joka aiheutuu ulkoisen paineen liian nopeasta vähentymisestä, esimerkiksi silloin, kun sukeltaja nousee sukellussyvyydestä pintaan. Seurauksena on hengitykseen osallistumattomien kaasujen, lähinnä typen, kupliminen veressä sekä kudoksissa, mikä oireilee usealla tavalla. Tautia tavataan myös lentäjillä, astronauteilla ja painetyöntekijöillä.

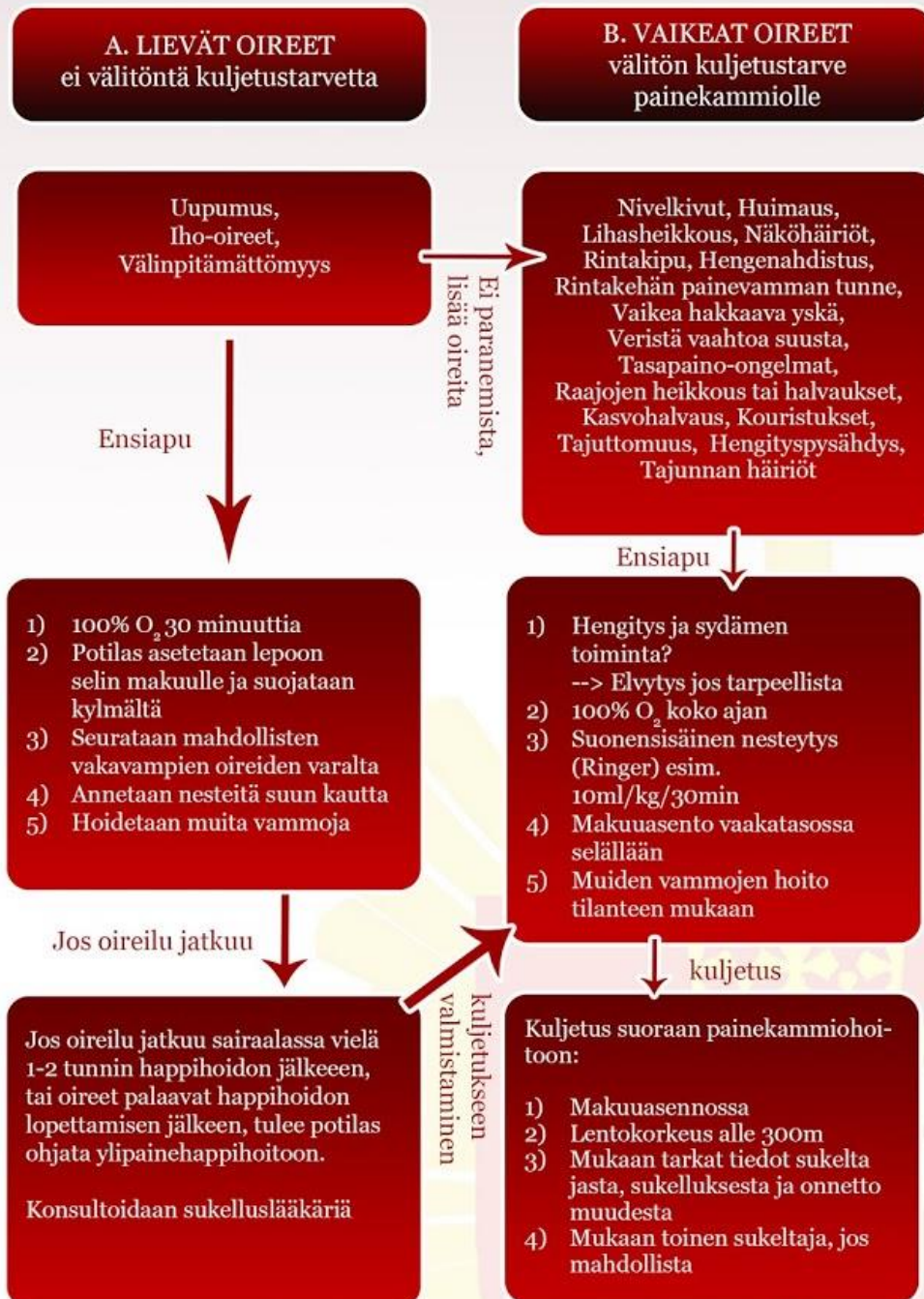
### Valtimokaasuembolisaatio

Kun kaasukuplia muodostuu valtimoverenkierrossa, on kyse valtimokaasuembolisaatiosta. Tavallisin syy sille on keuhkojen repeytyminen. Repeytymän aiheuttaa tavallisesti sukeltajan hengityksen pidättäminen pintaan nousussa, kun keuhkoissa oleva kaasu laajenee.

Ylipainekammiot:  
Ensisijaisesti koko maassa  
TYKS, puh. (02) 313 1950  
Medioxygen Oy, Helsinki, puh. (09) 454 0544  
Muita ylipainekammioita (esim. monipotilastilanteessa)  
Oulun Palolaitos, puh. 044 703 8621  
Pelastusopisto, Kuopio, puh. (071) 875 0201

## Opas pelastuslaitokselle

# Sukeltajataudin ja sukellusonnettomuuksien hoito





## Toimeksiantosopimus



## OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTOSOPIMUS

<b>Toimeksiantaja</b>	
Organisaation nimi:	Pohjois-Karjalan pelastuslaitos
Toimeksiantajan edustaja:	Petteri Hakkarainen, ensihoitopäällikkö
Osoite:	Noljakantie 4, 80140 Joensuu
Puhelinnumero:	013 337 8476
Sähköposti:	petteri.hakkarainen@pkpelastuslaitos.fi

<b>Opiskelijan/opiskelijoiden tiedot</b>	
Koulutusohjelma:	Hoitotyön koulutusohjelma
Opiskelijanumero(t) ja nimi(et):	1101265 Petteri Palviainen 1100135 Lassi Mehtonen
Puhelinnumero:	
Sähköposti:	petteri.palviainen@edu.karelia.fi/ lassi.mehtonen@edu.karelia.fi

<b>Toimeksiannon kuvaus</b>	
Aihe	Dekompressiotaudin ja sukellusonnettomuuksien ensihoito - Opas pelastuslaitokselle
Toteutusmuoto	Toiminnallinen opinnäytetyö
Aikataulu	Toukokuu 2014
Kustannusarvio ja kustannusvastuu	Toimeksiantajalle ei jää oppaasta kustannuksia.

<b>Toimeksiantajan sitoumukset</b>	
Toimeksiantajalle ei koidu sitoumuksia.	

<b>Opiskelijan sitoumukset</b>	
Opiskelijat tuottavat toiminnallisena opinnäytetyönä Pohjois-Karjalan pelastuslaitokselle ensihoito-oppaan koskien dekompressiotautia ja sukellusonnettomuuksia. Valmis opas on veloituksetta toimeksiantajan käytettävissä ja vapaasti muokattavissa päivitystarkoituksessa. Tekijänoikeudet oppaaseen säilyvät opiskelijoilla.	

<b>Opinnäytetyön ohjaus Karelia-amk:ssa</b>	
Ohjaaja(t):	Satu Martiskainen

<b>Opinnäytetyön julkisuus</b>	
Opinnäytetyö on julkinen asiakirja ja se voidaan julkaista Theseus-verkkokirjastossa.	

<b>Allekirjoitukset</b>	
Päiväys 11.4.2014	Opiskelijan allekirjoitus ja nimenselvennys Petteri Palviainen Lassi Mehtonen
Päiväys 11.4.2014	Toimeksiantajan edustajan allekirjoitus ja nimenselvennys Petteri Hakkarainen
Päiväys 11.4.2014	Opinnäytetyön ohjaajan allekirjoitus ja nimenselvennys Satu Martiskainen